



**Universidade do Minho**

Escola de Engenharia

Fernando António Fontes Guedes

**Aplicação da metodologia 6-Sigma na  
melhoria da qualidade do processo de  
soldadura *reflow***

Outubro de 2007



**Universidade do Minho**

Escola de Engenharia

Fernando António Fontes Guedes

**Aplicação da metodologia 6-Sigma na  
melhoria da qualidade do processo de  
soldadura *reflow***

Dissertação de Mestrado em Engenharia Industrial

Trabalho efectuado sob a orientação do

**Professor Doutor Sérgio Dinis Teixeira de Sousa**

e

**Professor Doutor Manuel Pinto Nunes**

Outubro de 2007

## **Agradecimentos**

É inevitável começar por agradecer de uma forma geral a quem contribuiu para o desenvolvimento desta dissertação, quer tenha sido de forma directa, adicionando valor ao conteúdo da mesma, ou indirecta, apoiando nos momentos mais sensíveis.

À Universidade do Minho, agradeço aos meus orientadores Dr. Sérgio Sousa e Dr. Eusébio Nunes por todo o suporte, apoio e conhecimento transmitidos. Não posso deixar de agradecer ao Dr. Filipe Alvelos, pois foi o elo inicial.

À Delphi-Grundig, agradeço a oportunidade concedida para fazer esta dissertação e toda a confiança depositada no meu trabalho, principalmente na pessoa do Eng. Rui Enes, director da mesma. Às pessoas que fizeram, e fazem, parte da equipa de trabalho, nomeadamente o Manuel Joaquim, Ângelo Marques, Paulo Ribeiro, José Luís Fernandes, Paulo Fernandes e João Pedro Silva, os meus sinceros agradecimentos. Não posso deixar de referir a Laura Castro, pela disponibilidade e ajuda.

Gostaria de destacar o Jorge Gonçalves, companheiro de viagens ao mundo do 6-Sigma, e que muito contribuiu para o sucesso deste trabalho.

Esta dissertação também é vossa.

A toda a minha família, principalmente a minha esposa Lígia, por tornarem possível a concretização deste objectivo. Vocês fizeram todo este esforço parecer uma simples ida à praia.

Adoro-vos.

Numa fase crítica da dissertação, quando as forças começavam a escassear, surgiu o Gerês, uns dias de férias e um grupo de amigos. Tenho que agradecer à Alda por ter sido a responsável por esses momentos de prazer que me deram a energia necessária para a recta final. Foi também uma ajuda importante na elaboração da dissertação.

# **APLICAÇÃO DA METODOLOGIA 6-SIGMA NA MELHORIA DA QUALIDADE DO PROCESSO DE SOLDADURA *REFLOW***

## **Resumo**

No contexto industrial actual, onde a competitividade é “feroz” e exige que as empresas sejam cada vez mais flexíveis e dinâmicas, as filosofias de melhoria contínua têm que ser utilizadas para a empresa se manter competitiva. A utilização da metodologia 6-Sigma, para ser bem sucedida, pressupõe a criação de condições ao nível da liderança, inovação, criatividade e comunicação para depois se passar ao nível da formação e se atinja a motivação generalizada.

O primeiro sinal de que uma empresa está preparada para iniciar de forma estruturada e planeada a utilização das ferramentas 6-Sigma é quando percebe a verdadeira dimensão do desperdício inerente à má qualidade. Muitas vezes, as empresas estão de tal forma submersas em problemas que ocupam tempo e recursos basicamente a “apagar os fogos” do dia-à-dia, não conseguindo sequer recolher dados que lhe permitam construir um simples Pareto.

A recolha de dados é essencial, pois da sua veracidade e qualidade depende o sucesso de um projecto 6-Sigma. Este estudo demonstra cabalmente que é extremamente importante sabermos a capacidade do aparelho inspecção, seja ele humano ou uma máquina.

Esta dissertação demonstra ainda com um caso prático, os benefícios da aplicação da metodologia 6-Sigma, tanto ao nível dos indicadores de qualidade e financeiros, como em termos de motivação dos colaboradores.

Num processo de soldadura *reflow* onde os índices de qualidade apresentam valores superiores aos 4-Sigma (menos do que 6500 falhas por cada 1.000.000 de rádios), não é possível dar passos seguros em direcção aos 6-Sigma sem uma cultura de melhoria contínua que atravessa a empresa transversalmente e aposta fortemente na formação. Esta aposta na formação não pode cingir-se apenas aos elementos chave da organização, mas sim a todos os colaboradores.

Os pontos fortes e os menos fortes da filosofia 6-Sigma são dissecados de forma tão clara quanto possível, para que se possa facilmente comparar com outros métodos de melhoria contínua existentes. Não é focada a possibilidade da não utilização de nenhum método de melhoria contínua, já que isso significa um “suicídio” para a empresa a curto prazo.

# **APPLICATIONS OF THE 6-SIGMA METHODOLOGY IN THE IMPROVEMENT OF THE QUALITY REFLOW WELDING PROCESS**

## **Abstract**

In the current industrial reality, where competitiveness is vicious and companies are required to be more flexible and dynamic, continuous improvement philosophies will cease to be an option. The utilization of the 6-Sigma methodology, in order to be a success, presumes the creation of very good conditions in terms of leadership, innovation, creativity, and communication in order to then crossover into the training level and achieves overall motivation. The first indication that a company is prepared to initiate, in a structured and planned way, the utilization of the 6-Sigma tools is when it truly understands the real dimension of the inherent waste of bad quality. Many times companies are so deep involved with problems that they spend time and resources basically putting out day-to-day fires unable to, at the very least, gather data that will allow them to build a simple Pareto.

The gathering of data is essential. The success of a 6-Sigma project depends on the authenticity and quality of that data. This study conclusively demonstrates that it is extremely important to know the capability of the subject matter being measured, whether it is a human or a machine. This dissertation using a practical case demonstrates the benefits of applying the 6-Sigma methodology, at the quality and financial levels as well as in terms of employee motivation. On a soldering (welding) reflow process where the quality ratings present values superior to those of the 4 sigma (less than 6500 failures per 1.000.000 radios), it is not possible to take secure steps toward 6 sigma without a continuous improvement culture across the whole company and without a strong investment in training. This training cannot be limited to key elements of the organization but rather to all employees.

The strong points and the not so strong points of the 6-Sigma philosophy will be analyzed as clearly as possible, so that it can be easily compared to other continuous improvement methods. The possibility of not using any continuous improvement method isn't considered here, as this would basically be suicidal for the company in the short term.

# Índice

<b>RESUMO</b>	iv
<b>ABSTRACT</b>	v
<b>ÍNDICE</b>	vi
<b>CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO</b>	1
1.1 - Objectivo	2
1.2 - Metodologia	3
1.3 - Organização da dissertação	4
<b>CAPÍTULO 2 - CONCEITOS GERAIS SOBRE QUALIDADE</b>	6
2.1 - Introdução	6
2.2 - Expectativas dos clientes	6
2.3 - Métricas da Qualidade	8
<b>CAPÍTULO 3 - METODOLOGIA 6-SIGMA</b>	11
3.1 - Introdução ao conceito de 6-Sigma	11
3.2 - Abordagem DMAIC	16
3.2.1 - Definir	17
3.2.2 - Medir	19
3.2.3 - Analisar	24
3.2.4 - Melhorar	31
3.2.5 - Controlar	31
3.3 - Comparação do 6-Sigma com o Shainin	32
<b>CAPÍTULO 4 - ENQUADRAMENTO DO PROCESSO DE SOLDADURA <i>REFLOW</i></b>	37
4.1 - Caracterização da empresa	37
4.2 - Metodologia 6-Sigma na Delphi-Grundig	41
4.3 - Enquadramento da dissertação na empresa	46
4.4 - Introdução ao processo de soldadura <i>reflow</i>	46
4.5 - Descrição do processo de deposição da pasta de solda	56

<b>4.6 - Descrição do processo de inspecção da pasta de solda</b>	<b>64</b>
 <b>CAPÍTULO 5 - APLICAÇÃO DA METODOLOGIA 6-SIGMA NA MELHORIA DO PROCESSO DE SOLDADURA <i>REFLOW</i></b>	 <b>67</b>
<b>5.1 - Definição do projecto</b>	<b>67</b>
<b>5.2 - Avaliação da máquina de inspecção (máquina SPI)</b>	<b>74</b>
<b>5.3 - Redefinição do projecto</b>	<b>93</b>
5.3.1 - Definição da nova abordagem ao projecto	93
5.3.2 - Avaliação da capacidade dos observadores/juízes	96
5.3.3 - Identificação dos potenciais riscos	99
<b>5.4 - Controlo dos riscos</b>	<b>107</b>
<b>5.5 - Verificação da eficácia das acções implementadas</b>	<b>110</b>
 <b>CAPÍTULO 6 - CONCLUSÕES</b>	 <b>114</b>
<b>6.1 - Conclusões sobre o projecto realizado</b>	<b>114</b>
<b>6.2 - Limitações</b>	<b>115</b>
<b>6.3 - Desenvolvimentos futuros</b>	<b>116</b>
 <b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	 <b>118</b>

## Lista de figuras

Figura 3.1: Número de defeitos conforme o nível Sigma	13
Figura 3.2: As fases DMAIC da metodologia 6-Sigma	17
Figura 3.3: Exemplo de um gráfico de Pareto	17
Figura 3.4: Esquema funcional do SIPOC	18
Figura 3.5: P-MAP nas suas várias fases	19
Figura 3.6: Noção de precisão e exactidão	20
Figura 3.7: Estrutura tipo “ <i>Crossed</i> ” para recolha de dados para um MSE	22
Figura 3.8: Estrutura tipo “ <i>Nested</i> ” para recolha de dados para um MSE	23
Figura 3.9: Exemplo de um diagrama de <i>Ishikawa</i>	24
Figura 3.10: Tipo de diagrama Causa e Efeito mais utilizado	25
Figura 3.11: Diagrama de concentração	26
Figura 3.12: Histograma	26
Figura 3.13: Gráfico de controlo “ <i>Individual range</i> ”	27
Figura 3.14: Gráfico de controlo “ <i>X-Bar-R Chart</i> ”	28
Figura 3.15: Selecção do gráfico de controlo conforme tipo de dados	29
Figura 3.16: “ <i>5-Whys</i> ”	29
Figura 3.17: Exemplo de um FMEA	30
Figura 3.18: “ <i>Roadmap</i> ” da abordagem DMAIC	32
Figura 3.19: Gráfico Multi-vari	33
Figura 3.20: Abordagem às metodologias 6-Sigma e Shainin na Delphi-Grundig	34
Figura 4.1: Certificações de maior relevo da Grundig até entrar para o grupo Delphi	37
Figura 4.2: Foto da fachada principal da Delphi-Grundig	38
Figura 4.3: Fluxograma simplificado do processo produtivo	38
Figura 4.4: Fases de desenvolvimento do produto versus metodologia de melhoria contínua a aplicar	43
Figura 4.5: Fases de desenvolvimento do produto versus metodologia de melhoria contínua a aplicar	43
Figura 4.6: Diagrama funcional da Rede da Qualidade na Delphi-Grundig	44
Figura 4.7: Selecção de projectos de melhoria contínua na Delphi-Grundig	45



Figura 4.8: Diagrama de blocos do processo de soldadura <i>reflow</i>	47
Figura 4.9: Tubo de pasta de solda	48
Figura 4.10: Imagem ampliada dos tipos de pasta de solda 2 e 3	49
Figura 4.11: Regra básica para o número mínimo de bolas de solda a depositar num PCB	49
Figura 4.12: Viscosidade versus temperatura da pasta de solda	50
Figura 4.13: PCB	51
Figura 4.14: <i>Pad</i> com pasta de solda depositada	51
Figura 4.15: Etiqueta de papel versus gravação a laser	52
Figura 4.16: Alguns tipos de SMDs vulgarmente utilizados no processo de soldadura <i>reflow</i>	53
Figura 4.17: Exemplo de um perfil de temperatura do processo <i>reflow</i>	54
Figura 4.18: Exemplos de boas e más soldaduras	54
Figura 4.19: Tela	57
Figura 4.20: Ferramenta de suporte do PCB tipo “pinos magnéticos”	59
Figura 4.21: Ferramenta de suporte do PCB tipo “Grid-Lok”	59
Figura 4.22: Máquina de deposição de pasta de solda (DEK)	60
Figura 4.23: Princípio de funcionamento do <i>proflow</i>	61
Figura 4.24: Imagem real do <i>proflow</i> em funcionamento	61
Figura 4.25: Princípio de funcionamento do <i>squeegee</i>	62
Figura 4.26: Exemplo do defeito conhecido como “orelhas de cão”	63
Figura 4.27: Diagrama de blocos do sistema de inspecção Viscom	65
Figura 4.28: PCB com empeno durante a inspecção	66
 Figura 5.1: Evolução mensal do FTQ na área SMT em 2006	 67
Figura 5.2: Evolução mensal dos defeitos no cliente em 2006	68
Figura 5.3: SIPOC do projecto	70
Figura 5.4: T-MAP do projecto	71
Figura 5.5: P-MAP do processo	72
Figura 5.6: Análise “ <i>XBAR-R Chart</i> ” para a área em modo “2D”	73
Figura 5.7: <i>Tree structure</i> utilizada	75
Figura 5.8: Posição no PCB e componentes a medir, consoante seja uma medida em “2D” ou “3D”	76
Figura 5.9: Resultado do “ <i>Gage Study</i> ” para a área em “2D”	77

Figura 5.10: Resultado do “ <i>Gage Study</i> ” para o desvio em “X” em “2D”	77
Figura 5.11: Resultado do “ <i>Gage Study</i> ” para o desvio em “Y” em “2D”	78
Figura 5.12: Análise da estabilidade para o factor “Area”	78
Figura 5.13: Análise da discriminação para o factor “Area”	79
Figura 5.14: Análise da repetibilidade para o factor “Area”	79
Figura 5.15: Análise da reprodutibilidade para o factor “Area”	80
Figura 5.16: Análise da variação do produto versus aparelho de medida para o factor “Area”	80
Figura 5.17: Análise da variação do produto versus aparelho de medida para o factor “X”	81
Figura 5.18: Resultados do Minitab para a medida do parâmetro “área”	81
Figura 5.19: Resultado do “ <i>Gage Study</i> ” para a área em “3D”	82
Figura 5.20: Resultado do “ <i>Gage Study</i> ” para o desvio em “X” em “3D”	82
Figura 5.21: Resultado do “ <i>Gage Study</i> ” para o desvio em “Y” em “3D”	83
Figura 5.22: Resultado do “ <i>Gage Study</i> ” para a altura em “3D”	83
Figura 5.23: Resultado do “ <i>Gage Study</i> ” para o volume em “3D”	84
Figura 5.24: Legenda dos símbolos usados para representar cada uma das medidas	84
Figura 5.25: Resumo dos resultados do MSE	85
Figura 5.26: <i>Tree structure</i> utilizada no 2º MSE com novo sistema de <i>clamping</i>	86
Figura 5.27: Resumo dos resultados do MSE com novo sistema de <i>clamping</i>	86
Figura 5.28: Prato de calibração da máquina SPI	87
Figura 5.29: <i>Tree structure</i> para MSE com prato de calibração da SPI	87
Figura 5.30: Posição no prato de calibração onde se medem a altura e volume	88
Figura 5.31: Resumo dos resultados do MSE com prato de calibração	88
Figura 5.32: Estudo da capacidade para altura de 100µm utilizando prato de calibração	89
Figura 5.33: Estudo da capacidade para altura de 150µm utilizando prato de calibração	90
Figura 5.34: Estudo da capacidade para altura de 200µm utilizando prato de calibração	90
Figura 5.35: Estudo da capacidade para altura de 300µm utilizando o prato de calibração	91

Figura 5.36: Dimensão e distância entre <i>pad</i> de um IC	92
Figura 5.37: Novo SIPOC do projecto	94
Figura 5.38: Novo T-MAP do projecto	95
Figura 5.39: Novo P-MAP do projecto	96
Figura 5.40: <i>Tree structure</i> utilizada para o MSE – ICC	97
Figura 5.41: Resultados do ICC	99
Figura 5.42: Distribuição dos defeitos de soldadura na linha 5 por tipo de PCB	101
Figura 5.43: Concentração dos defeitos de soldadura na linha 5 para o modelo “ <i>PROD 1</i> ”	102
Figura 5.44: Concentração dos defeitos de soldadura na linha 5 para o modelo “ <i>PROD 2</i> ”	102
Figura 5.45: Concentração dos defeitos de soldadura na linha 5 para o modelo “ <i>PROD 3</i> ”	103
Figura 5.46: Diagrama de <i>Ishikawa</i> para os defeitos “pouca/sem solda” e “curto de solda”	104
Figura 5.47: <i>Checklist</i> actualmente utilizado na área SMT	109
Figura 5.48: Evolução mensal dos defeitos no cliente em 2007	111
Figura 5.49: Evolução mensal do FTQ na área SMT de Janeiro a Agosto de 2007	111

## Lista de tabelas

Tabela 3.1: Exemplo de boa e má repetibilidade	21
Tabela 3.2: Exemplo de boa e má reprodutibilidade	21
Tabela 3.3: Metodologia 6-Sigma versus Shainin	35
Tabela 4.1: Designação standard consoante dimensão do SMD	53
Tabela 5.1: Todos os defeitos, por tipo, na área SMT durante 2006	69
Tabela 5.2: Níveis de decisão dos juízes para realização do <i>ICC</i>	97
Tabela 5.3: Tipos de defeitos provocados para realização do <i>ICC</i>	98
Tabela 5.4: <i>Top 5</i> dos defeitos de soldadura na área SMT durante 2006	100
Tabela 5.5: Pareto dos defeitos de soldadura na linha 5 durante 2006	101
Tabela 5.6: Todos os defeitos de soldadura, por tipo, na área SMT de Janeiro a Julho de 2007	112
Tabela 5.7: <i>Top 5</i> dos defeitos de soldadura na área SMT de Janeiro a Julho de 2007	113
Tabela 5.8: Pareto dos defeitos de soldadura na linha 5 de Janeiro a Julho de 2007	113

## **Lista de abreviaturas e símbolos**

SMT – *Surface Mounted Device*  
TMQ – *Total Quality Management*  
DMAIC – *Define, Measure, Analyse, Improve and Control*  
PPM – *Part per Million*  
RPPM – *Returned Part Per Million*  
DPMO – *Defects Per Million Opportunities*  
FTQ – *First Time Quality*  
OE – *Operational efficiency*  
BOB – *Best Of the Best*  
WOW – *Worst of the Worst*  
I&CIM – *Innovation and Continuous Improvement Methodologies*  
DPS – *Delphi Problem Solving*  
GB – *Green Belt*  
BB – *Black Belt*  
MBB – *Master Black Belt*  
DFSS – *Design For Six-Sigma*  
FMEA – *Failure Mode and Effect Analysis*  
SPC – *Statistic Process Control*  
SPI – *Solder Paste Inspection*  
AOI – *Automatic Optical Inspection*  
PCB – *Printed Circuit Board*  
SMD – *Surface Mounted Device*  
BGA – *Ball Grid Array*  
QFP – *Quad Flat Pack*  
SOJ – *Small Outline J Leaded*  
SSOP – *Shrink Small Outline Package*  
TSOP – *Thin Small Outline Package*  
PLCC – *Plastic Leaded Chip Carrier*  
LCC – *Leaded Chip Carrier*  
TMT – *Total Management Team*  
MTT – *Manufacturing Technology Team*  
SOP – *Standard Operation Procedures*

MSE – *Measurement System Evaluation*  
MSA – *Measurement System Analysis*  
ICC – *Intra-Class Correlation*  
DOE – *Design Of Experiments*  
MIT – *Massachusetts Institute of Technology*  
CT – *Cycle Time*  
SIPOC – *Suppliers, Inputs, Process, Outputs, Customer*  
P-MAP – *Process Map*  
T-MAP – *Thought Map*  
CTQ – *Critical To Quality*  
ISO – *International Organization for Standardization*  
EMS – *Environment Management Systems*  
EMAS – *Eco Management and Audit Scheme*  
QIS – *Quality Information System*  
IC – *Integrated Circuit*  
BTO – *Build To Order*  
RAP – *Registo Automático de Produção*

## **Lista de anexos**

ANEXO I - Resultados das medidas para análise “*Xbar R Chart*”

ANEXO II - Resultados dos sucessivos estudos MSE

ANEXO III - Alguns detalhes sobre a empresa Delphi-Grundig

ANEXO IV - Tipo de erro versus teste de hipóteses

## **CAPÍTULO 1 - Introdução**

As ferramentas estatísticas têm sido utilizadas para identificar a natureza dos problemas de controlo dos processos (Juran & Gryna, 1993), fazendo com que sua aplicação não seja motivada pela necessidade de se mostrar o emprego de uma determinada ferramenta, mas sim um conjunto de métodos para solucionar problemas específicos de um processo.

O 6-Sigma está associado a algo difícil de alcançar que só as empresas de topo colocam em prática. Infelizmente, esta realidade, associada ao receio de investir em algo ainda pouco conhecido no nosso país, afasta as empresas de uma filosofia de trabalho que as poderia catapultar para níveis de qualidade elevados e, consequentemente, incrementar o factor competitivo num mercado cada vez mais agressivo e, numa fase posterior, quando a maturidade assim o permitir, aumentar os níveis motivacionais dos colaboradores, com benefícios evidentes para toda a organização.

Uma organização deve estar culturalmente preparada para mudar a sua infraestrutura, valores e pensamento, para se integrar na filosofia 6-Sigma. Coronado & Antony (2002, p.92-99) consideram o 6-Sigma como uma estratégia de rompimento das esferas organizacionais, pois necessita que a cultura da empresa lhe seja ajustada.

O 6-Sigma, além de uma forma de melhoria contínua, comporta ferramentas estatísticas muito poderosas com as quais se pode medir a variação de um processo e, com isso, perceber qual a probabilidade dessa variação se fazer sentir nos clientes. Quanto melhor se conhecer o processo, mais cedo se pode prever as variações. Conhecer um processo não se trata apenas de avaliá-lo mediante o nosso feeling ou experiências passadas, é necessário ter dados, daí a quantidade e principalmente a qualidade dos dados recolhidos ser um dos segredos da filosofia 6-Sigma. Se poucos dados pode acarretar consequências nefastas, muitos dados também não são necessariamente sinal de resultados positivos. Para se recolher dados é necessário empreender tempo e pessoas, daí que seja absolutamente imperativo ter uma boa dose de certeza de que se está a recolher os dados certos e que a amostra será suficiente para se observar o comportamento do processo.

Para se tirar o máximo proveito da metodologia 6-Sigma é necessário que exista um



comprometimento, chamado por vezes de “vestir a camisola”, de toda a organização, facilitando assim a comunicação vertical e horizontal, como frisou Henderson & Evans (2000, p.260-281). Os líderes da empresa devem ser sempre os grandes impulsionadores e dinamizadores da metodologia, quer eliminando barreiras, como criando incentivos.

O “calcanhar de Aquiles” da metodologia 6-Sigma reside na parte burocrática que está intimamente ligada a todo o processo de resolução de um problema (DMAIC – *Define; Measure; Analyze; Improve; Control*). Apesar de esta ser a única forma de se obter resultados, por vezes existe a tentação de se avançar alguns dos passos da metodologia DMAIC. No entanto, mais cedo ou mais tarde conclui-se que a sistematização e o trabalho árduo são grandes aliados para o sucesso de um projecto.

## 1.1 - Objectivo

Para explicar o objectivo desta dissertação, ainda que correndo o risco de roçar o atrevimento, utilizar-se-à a taxionomia dos objectivos educacionais de Benjamin Bloom (*Taxonomy of Educational Objectives*, 1956). Uma taxionomia não passa de uma classificação dos objectivos segundo categorias ou classes ordenadas por níveis de exigência ou complexidade e que, apresentam entre si uma relação hierárquica. Assim sendo, o autor considerou/criou três grandes domínios: afectivo, psicomotor e cognitivo. O domínio cognitivo que estuda e hierarquiza essencialmente as actividades intelectuais, parece ser um bom exemplo do que se pretende transmitir nesta dissertação.

Bloom, refere capacidades ou comportamentos de diferentes graus de complexidade e cuja aprendizagem apresenta níveis de dificuldade também diferentes. Esses níveis são; **conhecimento, compreensão, aplicação, análise, síntese e avaliação.**

Nesta dissertação, e continuando num paralelismo com a teoria de Bloom, pretende-se:

- numa primeira fase transmitir **conhecimento**, inicialmente sobre a metodologia 6-Sigma e depois sobre o processo de soldadura *reflow*, para que possa mais tarde ser reproduzido com exactidão;

- partindo-se depois disso para a fase da **compreensão**, em que se deve fazer uso do que foi aprendido anteriormente, ou seja entender o significado do material;
- consequentemente e avançando nas fases de complexidade, passando para a **aplicação**, onde é suposto não só usar aquilo que foi aprendido sobre 6-Sigma e processo *reflow*, como utilizar numa situação ou processo novo;
- avançando para a **análise** e referindo-se à capacidade de separarmos o projecto nas suas diferentes partes componentes, de maneira que seja compreendida a sua organização estrutural, ou seja, dissecar todo o processo *reflow*, por forma a compreendermos todo o contexto do projecto e como este pode ser estudado utilizando o 6-Sigma;
- depois disso, e se aplicada a criatividade e inovação, juntarmos todos os materiais, máquinas, técnicas e métodos de modo a obtermos como resultado algo com o nosso cunho pessoal, então estaremos na fase da **síntese**;
- por último e a fase mais complexa de todas, a **avaliação**, passa pela capacidade de se julgar o valor do material. Os julgamentos devem ser sempre baseados em critérios e métricas. Esta dissertação é avaliada pelo seu impacto objectivo na qualidade e consequente redução de custos da empresa.

## 1.2 - Metodologia

Pretendeu-se nesta dissertação demonstrar com um caso prático as vantagens de se utilizar a metodologia 6-Sigma na resolução de problemas. O 6-Sigma é uma filosofia que exige resultados (Mcgraw Hill, 2003 – *The six sigma project planner Ebook*), os quais advêm de projectos que estão intimamente ligados às exigências dos clientes e aos objectivos da empresa.

Esta dissertação desenrola-se por isso num contexto industrial, onde os resultados operacionais de uma empresa são tão importantes como a electricidade ou o ar comprimido, por exemplo. Os projectos de melhoria contínua são sempre escolhidos com base no Pareto dos defeitos com maior impacto nas métricas da organização. Esta dissertação surgiu exactamente num desses Paretos, nomeadamente no “top 5” de defeitos da área de Montagem Automática.

Numa empresa onde o número de PPM (*Part Per Million*), ou também conhecido como DPMO (*Defects Per Million Opportunities*), medida da qualidade normalmente chamada de FTQ (*First Time Quality* – fazer bem à primeira), apresenta valores

abaixo dos 4500 PPM, é necessário acompanhar diariamente e turno a turno, a tendência dos índices de qualidade, para que seja possível melhorar cada vez mais. Isso apenas é possível com uma filosofia sistematizada de resolução de problemas e numa organização que esteja dotada de métodos eficazes de medir e reagir às alterações o mais rapidamente possível. Neste contexto a palavra rapidamente tem duas vertentes, tanto a nível temporal de reacção ao problema como a nível de processo, ou seja, quanto mais cedo os problemas forem detectados no processo, mais simples, barata e eficaz é a sua resolução. Esta dissertação é um bom exemplo disso, já que diz respeito ao início do processo de soldadura *reflow*.

Será seguida a metodologia DMAIC (*Define, Measure, Analyse, Improve e Control*) para a abordagem e resolução de alguns problemas de soldadura do processo *reflow*, mais concretamente na deposição da pasta de solda.

### **1.3 - Organização da dissertação**

Além do sumário e da introdução, considerados como primeiro capítulo, a dissertação está dividida em mais cinco capítulos.

No segundo faz-se uma abordagem aos conceitos gerais sobre qualidade, começando por explorar todo o contexto que envolve a melhoria contínua e as diversas abordagens ao conceito propriamente dito. São também apresentados os cálculos básicos das principais métricas da qualidade.

Dada a sua elevada importância em toda a dissertação, o terceiro capítulo é dedicado fundamentalmente ao 6-Sigma. Apresentam-se diversas perspectivas, mas convergentes, da metodologia na óptica de diferentes autores.

A metodologia DMAIC é explicada em cada uma das suas etapas. Aborda-se ainda uma outra técnica de melhoria contínua, chamada Shainin.

No quarto capítulo, inicia-se o desenvolvimento do projecto que levou à realização desta dissertação. A triologia empresa, 6-Sigma e dissertação é alicerçada e construída de forma a que se compreenda a importância da interligação das três partes. O processo de deposição e seguidamente inspecção da pasta de solda é a

parte central da referida triologia, já que foi onde se aplicou a metodologia 6-Sigma.

No quinto capítulo seguem-se os cinco passos da metodologia 6-Sigma (DMAIC) aplicados ao projecto de melhoria do processo de soldadura *reflow*. É feita uma primeira definição do projecto, com vista a utilizar a máquina SPI (*Solder Paste Inspection*) como método de medida, mas depois devido aos fracos resultados obtidos, é necessário redireccionar o projecto, partindo de uma base de trabalho onde o aparelho de inspecção é composto pelo conjunto da máquina e do operador da mesma.

É ainda demonstrado o impacto do projecto nas métricas da empresa.

Finalmente no sexto e último capítulo apresentam-se as conclusões e reflexões de todo o estudo, as dificuldades encontradas e principalmente as próximas acções para melhorar ainda mais a competitividade da Delphi-Grundig.

## **CAPÍTULO 2 - Conceitos gerais sobre qualidade**

### **2.1 - Introdução**

O conceito genérico de qualidade pode ser bastante subjectivo, já que quando se diz simplesmente que um produto tem ou não qualidade, pode não se estar sequer a avaliar nenhum parâmetro mensurável. É possível que um produto ou serviço tenha qualidade, objectivamente falando, mas ainda assim não satisfaça os requisitos do cliente. O primeiro passo para a compreensão do termo qualidade no contexto desta dissertação é a definição dos parâmetros ou factores que serão quantificados e medidos.

Imagine-se o exemplo de alguém pedir para comprar 1kg de maçãs e colocar como requisitos a côr vermelha e que sejam apetitosas (esta é uma medida subjectiva). Quando se tenta comprar as maçãs, descobre-se que algumas das maçãs vermelhas encontram-se pisadas e segundo o dono da loja não são as melhores em termos de sabor. Aconselha então a levar umas maçãs verdes, muito brilhantes e, segundo ele, apetitosas. Ao entregar o produto ao cliente ele ficará satisfeito? Em princípio não, pois falhou-se logo à partida num requisito, a côr. No entanto, entregou-se-lhe um produto de qualidade possivelmente superior à pretendida.

De uma forma simplista, pode dizer-se que um produto com qualidade é aquele que confere todos os requisitos do cliente. Se se pretender ser um exemplo de excelência, então deve-se tentar exceder as expectativas dos clientes.

Segundo a NP EN ISO 9000:2000, a definição de qualidade é: “o grau de satisfação de requisitos dado por um conjunto de características intrínsecas” (Manual Pedagógico PRONACI, 2003).

### **2.2 - Expectativas dos clientes**

Todos os clientes desejam ver satisfeitos todos os seus requisitos, mas isso apenas é possível se estes forem perfeitamente compreendidos pelo fornecedor.

Imagine-se a situação de um cliente que a partir de uma determinada data passou a receber os seus aparelhos com os SMDs (*Surface Mounted Device* – componentes

electrónicos de pequeníssimas dimensões) de côr diferente, sem ter sido préviamente avisado. A côr dos SMDs não influência em nada o funcionamento ou performance do aparelho. Durante a inspecção que o cliente faz aos aparelhos recebidos, detecta a alteração na côr dos componentes e decide devolver todo o lote que acaba de chegar. O fornecedor por sua vez, ao receber todo o lote de aparelhos devolvidos, que para agravar a situação vêm da Ásia, fica estarecido, por um lado por não ter sido efectuada qualquer tipo de reclamação formal, por outro não encontra nenhuma anomalia no funcionamento dos mesmos. Depois de muita ponderação, opta por contactar o seu cliente na tentativa de entender o motivo da devolução do produto. Este comportamento acaba por piorar a situação, visto o cliente perceber que o seu fornecedor não sabe o porquê da devolução dos aparelhos. Para este cliente, as suas expectativas passam por receber hoje um produto exactamente igual ao de ontem, salvo o caso de ter sido requisitada ou proposta alguma alteração. Este exemplo retrata uma situação real de como um cliente pode não ficar satisfeito ainda que, o fornecedor hipoteticamente, possa colocar peças ou componentes de qualidade superior.

Além de cumprir todos os requisitos pré-estabelecidos quando é celebrado um contracto, o fornecedor deve manter sempre o cliente informado de toda e qualquer alteração e se possível melhorar sistematicamente a qualidade do produto, por forma a exceder as expectativas. Entenda-se por qualidade do produto tudo aquilo que objectivamente melhora, sempre na perspectiva do cliente, a performance do produto.

Um outro exemplo real de requisitos do cliente é quando este exige algo que vai além do requerido pelas normas internacionais. Neste caso em particular o cliente recomenda, o que na prática significa exigir, que uma das características técnicas da soldadura do produto vá para além do que as normas internacionais de aceitação visual IPC-A-610 (*Acceptability of Electronic Assemblies*, 2005) recomendam. Nestas circunstâncias o fornecedor está sempre protegido pelas normas, mas por uma questão de manter o cliente satisfeito e com isso cuidar do seu próprio futuro enquanto empresa, normalmente acede ao pedido.

Como resumo, pode dizer-se que a única forma de cumprir, ou mesmo superar, as expectativas dos clientes é manter um diálogo constante e, obviamente, inovar e melhorar todos os dias.

## 2.3 - Métricas da Qualidade

Sendo este um assunto já bastante desseminalado, será apenas focado devido à sua óbvia ligação ao 6-Sigma e consequentemente à dissertação.

De uma forma genérica, pode dizer-se que o mais importante é comparar quantas falhas ocorrem no total das oportunidades. Usualmente o nível da qualidade (DPMO ou PPM) calcula-se conforme é demonstrado na equação 2.1. Em algumas empresas este parâmetro, que indica o nível da qualidade dos produtos, é denominado por *FTQ* (*First Time Quality*).

$$DPMO = \frac{\text{número defeitos}}{\text{total oportunidades}} \times 1.000.000$$

(2.1)

Apesar de a equação ser simples, é muito importante saber-se o que é considerado como sendo o *total de oportunidades* e o *número de defeitos*, caso contrário podem cometer-se erros de avaliação.

Imagine-se o processo de soldadura de um rádio, onde pode ter-se 1000 tipos de componentes numa placa, os quais têm pontos de soldadura que podem ir de um mínimo de 2 até 100, dependendo do tipo de componente, ou seja, do número de terminais. Com este tipo de soldadura existem logo à partida duas formas diferentes de medir o *FTQ*, ou melhor, pode calcular-se o número de rádios com defeito ou o número de pontos de soldadura com defeito. Assim sendo, obtém-se obrigatoriamente valores diferentes, originando também análises completamente distintas. Vejamos os exemplos demonstrados nas equações 2.2 (número de rádios com defeito) e 2.3 (número de pontos de soldadura defeituosos).

$$\begin{aligned} N^{\circ} \text{rádios produzidos} &= 1500 \\ N^{\circ} \text{rádios defeituosos} &= 15 \\ FTQ_1 &= \frac{15}{1500} \times 1.000.000 = 10.000 \text{ PPM} \end{aligned}$$

(2.2)

O resultado da equação 2.3 indica que em 1500 rádios que foram produzidos, 15 deles tiveram problemas, o que significou um valor de 10000 PPM. Caso se diga a

um cliente que o *FTQ* do processo de soldadura é de 10000 PPM, sem mais nenhuma informação adicional, esta tanto pode ser interpretada como um bom ou mau valor. Em termos de rádios com defeito, tendo em conta os valores habituais na indústria actual, poderia considerar-se um valor pouco animador. Se em vez disso, se disser que o *FTQ* é 16.7 PPM, então seguramente o cliente ficaria muito surpreendido e agradado, com níveis tão baixos.

*Se cada rádio tiver 600 pontos de soldadura :*  
 $N^{\circ} \text{ soldaduras efectuadas} = 1500 \times 600 = 900.000$   
 $N^{\circ} \text{ soldaduras defeituosas} = 15$   

$$FTQ_2 = \frac{15}{900.000} \times 1.000.000 = 16,7 \text{ PPM}$$

(2.3)

Obviamente que os dois cálculos estão correctos, por esta razão se torna fundamental perceber como se efectuou o cálculo e quais os parâmetros que se encontram a ser avaliados. Isto é, sem dúvida, decisivo quando se efectuam comparações entre empresas, sejam do mesmo grupo ou mesmo a própria concorrência.

Em algumas empresas pode ainda acontecer uma ligeira alteração ao cálculo do *FTQ*, já que levam em conta o facto de o rádio com defeito, na maior parte das vezes, voltar a entrar no processo. Nestes casos o cálculo dos PPMs é conforme a equação 2.4.

$N^{\circ} \text{ rádios produzidos} = 1500$   
 $N^{\circ} \text{ rádios defeituosos} = 15$   

$$FTQ_1 = \frac{15}{(1500+15)} \times 1.000.000 = 9900 \text{ PPM}$$

(2.4)

Neste tipo de cálculo, considera-se que no total de oportunidades deve estar contemplado o somatório do número de rádios com defeito. Com esta abordagem, apesar de o valor final ser ligeiramente menor, consegue-se posteriormente relacionar com maior eficácia o nível de qualidade com o *OE* (*Operational efficiency*)



da linha de produção. Sem entrar em grandes detalhes sobre o conceito de *OE*, pode afirmar-se que é a forma de se medir a percentagem de utilização de uma máquina ou linha de montagem, comparando as horas que está disponível para trabalhar com aquelas que efectivamente está a produzir. Tal como foi dito, os rádios com defeito que voltam a ser colocados na linha, depois de reparados ou retrabalhados, ocupam as máquinas uma segunda vez, fazendo com isso baixar o *OE*, já que nesse tempo dispendido poder-se-ia estar a produzir um outro rádio. Cada empresa deve decidir como faz mais sentido calcular o *FTQ* consoante o processo e produto em causa, desde que todos, desde clientes até colaboradores, percebam perfeitamente o que significa o resultado final, o que isso implica em termos de melhoria contínua e em termos de posição no mercado.

Quando se aborda o conceito cliente, muitas vezes é interpretado quase de imediato como uma entidade exterior à empresa, que apenas os responsáveis pelo departamento de qualidade, agora normalmente chamado de “departamento de satisfação do cliente”, conhecem e comunicam. Este conceito apenas deverá ser válido quando se pensa em termos de relação empresa no seu todo e cliente “final”. Muito antes de um rádio chegar ao cliente “final”, cada processo de fabrico do mesmo tem um fornecedor e um cliente. É garantido que se todos os fornecedores “internos” se encontrarem devidamente alinhados com o objectivo global da empresa e preocupados com o respectivo cliente a montante, a qualidade do produto chegará ao cliente “final” de encontro com as suas expectativas, ou até mesmo conseguindo excedê-las.

## CAPÍTULO 3 - Metodologia 6-Sigma

### 3.1 – Introdução ao conceito de 6-Sigma

Segundo José P. Mazocolo e José B. Sacomano, a história da metodologia 6-Sigma começa nos anos 80 na Motorola, quando o seu presidente, Bob Galvin, se apercebe da ameaça que a ineficiência da qualidade representa para a sua empresa. Entretanto, e depois de ter tido conhecimento dos resultados alcançados pela HP ao longo de 10 anos de implementação de acções com intuito de melhorar os lucros desta empresa, desafiou os seus colaboradores a procurarem metodologias igualmente benéficas (Watson, 2000, p. 82-86). Alguns autores chegaram mesmo a afirmar que estes colaboradores da Motorola não criaram nada de novo, apenas se basearam em metodologias já existentes. No entanto, Werkema (2002, p.18) refere que o 6-Sigma tem efectivamente início em 1987 na Motorola.

A abordagem 6-Sigma pode ser vista como uma filosofia organizacional de melhoria. 6-Sigma pode-se definir como uma metodologia de melhoria dos processos usando métodos estatísticos comprovados para assegurar decisões baseadas em factos (Arto Haikonen, Taina Savolainen e Pekka Jarvinen, 2003).

A chefia de topo das empresas tem um papel de agente significativo de mudança (Beer et al., 1990; Kotter, 1997; Mezias e Glynn, 1993; Tushman e Romanelli, 1985). O director é naturalmente o principal dinamizador das novas ideias e filosofias, interagindo e ouvindo por forma a facilitar a implementação da mesma (Kanter, 1983). É no campo da gestão da qualidade, que o seu papel/função é normalmente visto como crucial (Crosby et al., 1979; Deming, 1982; Feigenbaum, 1983; Garvin, 1988; Juran e Godfrey, 1999). Seguindo Salzman et al. (2002) na implementação do 6-Sigma: “Quanto mais forte o *input* dos líderes, mais bem sucedida será a iniciativa”.

De acordo com Snee (1999) a efectividade e sucesso dos projectos de melhoria compreendem cinco elementos. Primeiro, a estratégia e os objectivos dos esforços de melhoria devem ser claramente definidos. Segundo, as pessoas devem ser escolhidas tendo em consideração os projectos a desenvolver. Terceiro, a direcção, potenciais benefícios e resultados das actividades de melhoria precisam de ser

comunicados a todos os envolvidos para assegurar o *commitment*. Quarto, os recursos, isto é, pessoas, tempo e dinheiro, devem ser claramente alocados. Finalmente, e como quinto elemento, as alternativas de melhoria e comportamento desejados devem ser reconhecidos e apoiados. Isto inclui revisões periódicas dos projectos entre os líderes e as pessoas responsáveis pelos projectos. Adicionalmente, o treino, aconselhamento e formação têm uma influência decisiva, devido à complexidade da metodologia 6-Sigma e das suas ferramentas.

Pande et al. (2000) descrevem o sistema de liderança 6-Sigma, incorporando seis princípios cruciais para que a implementação da metodologia seja bem sucedida. O primeiro princípio é o foco no cliente. As melhorias são baseadas no grau de impacto, na satisfação e valor do mesmo.

O segundo princípio é a administração de dados/factos estatísticos. A abordagem disciplinada da metodologia 6-Sigma começa com o esclarecimento das métricas necessárias como elementos chave para controlar o desempenho da empresa.

O terceiro princípio aborda os processos. O controlo dos processos de serviços e de fabrico, a sua administração e a melhoria dos mesmos, pode e deve resultar no aumento do valor no cliente.

O quarto princípio é uma gestão proactiva. As ferramentas e processos do 6-Sigma necessitam de um estilo de gestão dinâmico, receptivo, e proactivo.

O quinto princípio é uma colaboração sem barreiras. O trabalho em equipa facilita a realização de objectivos comuns, ou seja, cria valor para o cliente.

O sexto e último princípio, é o esforço pela perfeição e a tolerância de falhas.

Young Hoon Kwak e Frank T. Anbari descrevem num dos seus artigos (*technovation*, 2004) duas perspectivas fundamentais dos processos 6-Sigma. São eles o ponto de vista estatístico e o ponto de vista do negócio.

A essência do 6-Sigma vem da estatística e dos estatísticos. Hahn et al. (1999), Hoerl e Snee (2002), e Montgomery (2001), discutem o método 6-Sigma de um ponto de vista estatístico, probabilístico e quantitativo. Deste ponto de vista o termo 6-Sigma é definido como tendo menos de 3.4 defeitos por cada milhão de oportunidades (PPM – *Part Per Million*) ou uma taxa de sucesso de 99.99966%, onde o Sigma é o termo usado para representar a variação à volta da média do processo (Antony e Banuelas, 2002), ou seja, é o desvio padrão. Se uma empresa

opera com um nível de qualidade na ordem dos 3-Sigma, isso significa que tem uma taxa de sucesso de 93.32% ou 66.800 defeitos por cada milhão de oportunidades. Assim sendo, o método 6-Sigma é um conceito de controlo de qualidade muito rigoroso, levando a que muitas organizações continuem a trabalhar numa performance de 3-Sigma (McClusky, 2000). A Figura 3.1 ilustra como evolui o número de defeitos consoante o nível Sigma da empresa.

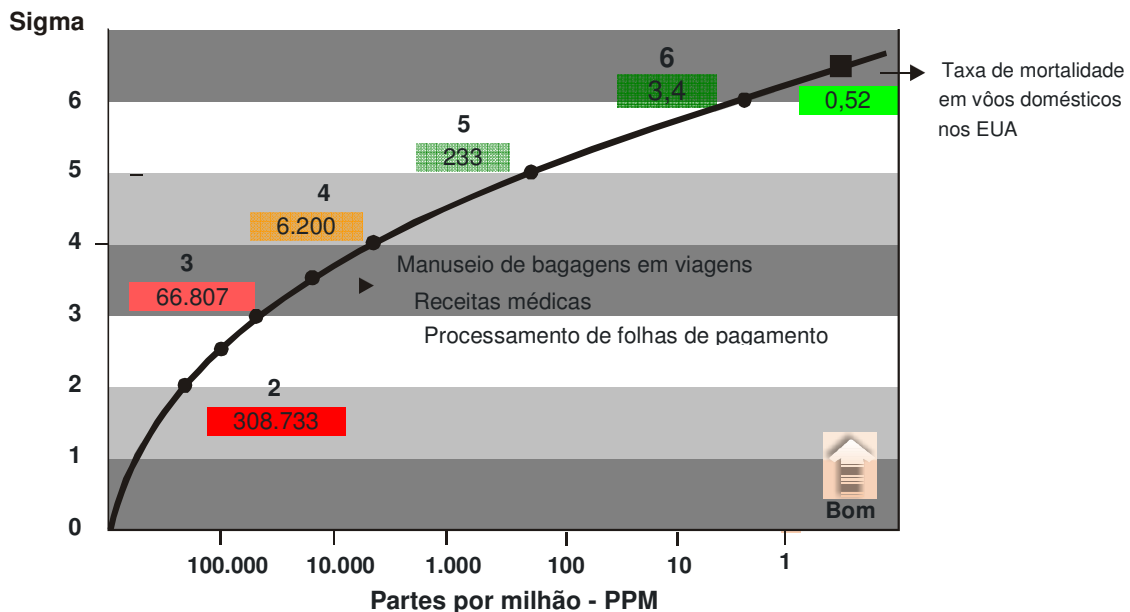


Figura 3.1: Número de defeitos conforme o nível Sigma

No mundo empresarial, o 6-Sigma é definido como uma estratégia de negócio utilizada para os tornar mais proveitosos e para melhorar a eficiência e eficácia da produção de modo a cumprir, ou exceder, as expectativas dos clientes (Antony e Banuelas, 2001). A abordagem 6-Sigma começou por ser aplicada nas áreas produtivas e, assim que as organizações se aperceberam dos benefícios, rapidamente se expandiu para diferentes áreas funcionais, tais como marketing, engenharia, compras, serviços e suporte administrativo. Particularmente, esta diversidade de aplicações do 6-Sigma foi possível devido ao facto de as organizações terem sido capazes de articular os seus benefícios em termos financeiros, ligando a melhoria dos processos com a redução de custos.

Segundo Watson (2000, p. 82-86), a maioria dos negócios está situada entre 3 e 4-Sigma. Um desempenho próximo de 1-Sigma mostra que o processo produz mais

defeitos do que bons resultados. Atingir 6-Sigma significa, na verdade, uma qualidade que se situa perto da perfeição.

Determinar o nível Sigma é calcular quantos defeitos ocorrem, em comparação com o número de oportunidades das actividades saírem com defeitos.

É necessário perceber bem o grau de subjectividade que pode surgir na definição de oportunidades para o erro. Se um processo de fabrico de um rádio tem um desempenho de 6-Sigma, isso significa que em cada 1.000.000 de rádios produzidos 3.4 deles não funcionam? Ou que em cada 1.000.000 de peças inseridas no rádio 3.4 delas falham? Ou ainda, cada 1.000.000 de pontos de soldadura num rádio, 3.4 deles não estarão em condições? É, por isso e como já foi mencionado, extremamente importante medir os PPM de forma a que se compreenda verdadeiramente o significado dos níveis de qualidade da empresa. Caso contrário, corre-se o risco de se pensar ter um processo muito bom, quando afinal apenas se está a medi-lo de forma menos correcta.

A procura da meta 6-Sigma deve ser delineada tendo em consideração o tipo de produto ou serviço que se oferecem e, caso se trate de um negócio, quais os custos inerentes a essa procura. Se por um lado o produto que se quer vender são, por exemplo, os serviços de uma companhia de aviação civil, então o 6-Sigma deve ser um objectivo claro da empresa, caso contrário estará em risco o próprio negócio, já que o que está em causa é a vida de seres humanos. Se por outro lado o que se pretende vender são esferográficas, então deve-se ponderar muito bem se fará sentido preparar o processo para ser 6-Sigma.

O custo do 6-Sigma pode ser demasiado elevado para determinadas empresas, logo numa fase inicial dever-se-à verificar se faz ou não sentido a sua implementação, quer em termos de cliente final, quer em termos de viabilidade do negócio. De qualquer forma, mesmo não tendo no horizonte a meta do 6-Sigma, a metodologia deve ser seguida, seja qual for o negócio, pois é um método comprovadamente útil na melhoria dos processos.

(*Why Six Sigma*, p. 21) Existem dois objectivos fundamentais do 6-Sigma que lidam com a variação. O primeiro é estabilizar a média de uma actividade ou característica à volta de um valor objectivo. O segundo é reduzir a variação na actividade ou característica.

(*Why Six Sigma*, p. 22-23) A variação devido às causas comuns é aquela que está sempre presente no processo. Se apenas existir este tipo de variação pode dizer-se que o processo é estável e previsível. A variação devido a causas especiais é provocada por factores pouco comuns ou externos ao processo. Este tipo de variação não é perdível e deve ser atacada assim que acontece, pois o processo não será estável, já que a média das amostras estará acima ou abaixo dos limites definidos. Uma vez que a maioria dos problemas têm origem na variação provocada pelas causas comuns, este é um dos principais focos da metodologia 6-Sigma.

Segundo Bayle et al. (2001, p. 341-348), o 6-Sigma só se torna sustentável quando existe uma consciência de que os métodos estatísticos são tão úteis quanto as demais teorias existentes e o conhecimento do processo e produto. Um bom conhecimento do processo pressupõe recolha e análise estatística de dados. Para se obter dados é indispensável medi-los e depois transformá-los em informação, esta é obtida através da estatística.

Lord Kelvin (*Six Sigma Academy International LLC; 2001-2004*) acrescentou ainda, na sequência da importância de se obter dados:

*"To measure is to know."*

*"If you can not measure it, you can not improve it."*

*"In physical science the first essential step in the direction of learning any subject is to find principles of numerical reckoning and practicable methods for measuring some quality connected with it. I often say that when you can measure what you are speaking about, and express it in numbers, you know something about it; but when you cannot measure it, when you cannot express it in numbers, your knowledge is of a meager and unsatisfactory kind; it may be the beginning of knowledge, but you have scarcely in your thoughts advanced to the state of Science, whatever the matter may be."*

A metodologia 6-Sigma incorpora no seu processo de melhoria cinco passos. Estes, fazem parte do ciclo DMAIC, conduzindo o processo de melhoria de forma a que seja encontrada a causa raiz do problema. É possível concentrar atenções nas falhas do processo que contribuem para a maior parte da variação e assim obter quais têm o maior impacto nas falhas do produto ou serviço final.

Craig (1993) apresenta os cinco passos chave do 6-Sigma da seguinte forma:

- **Define** – Definição das características do produto que afectam a satisfação do cliente.
- **Measure** – Utilização da análise modo de falha e efeito para identificar e controlar os parâmetros de modo a cumprir os requisitos dos clientes.
- **Analyze** – Empregar o estudo da repetibilidade e reprodutibilidade para medir os parâmetros de controlo.
- **Improve** – Estimar a capacidade do processo e com isso ser capaz de corrigir defeitos individuais imediatamente.
- **Control** – Desenvolver o plano de controlo da qualidade e o material de formação.

Harry e Schroeder (2000) apontaram ainda quatro elementos que guiam os esforços do 6-Sigma. O primeiro elemento é o focus na redução de custos;

O segundo elemento é o focus no produto final. O objectivo é determinar as famílias de produtos ou características, tais como os custos da garantia, que são importantes para a estratégia global da empresa e que representam a maior fonte de descontentamento dos clientes;

O terceiro elemento e, provavelmente o mais utilizado, é o focus nos processos. Quando uma multinacional implementa melhorias num determinado processo, é relativamente fácil transferi-las para outras empresas dentro do grupo;

O quarto e último elemento é o focus nos problemas. A intenção dos projectos de melhoria 6-Sigma visam definir e eliminar a(s) causa(s) raiz de um determinado fenómeno indesejável.

### 3.2 – Abordagem DMAIC

O ciclo DMAIC, já abordado ainda que de forma muito breve nesta dissertação e na perspectiva de Craig (1993), é basicamente um processo estruturado e bastante detalhado de acompanhar um projecto, desde o seu início até à sua conclusão.

No entanto e devido à sua importância, explicar-se-à cada uma das fases pormenorizadamente, com referência às ferramentas mais utilizadas em cada uma delas.

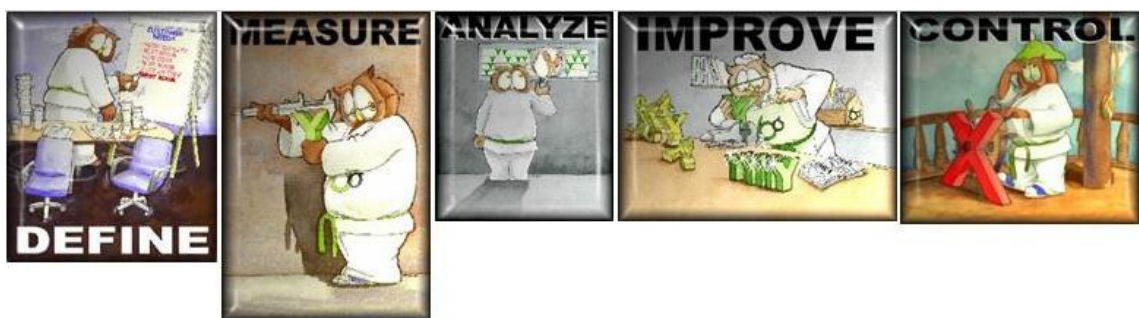


Figura 3.2: As fases DMAIC da metodologia 6-Sigma

### 3.2.1 – Definir

A primeira etapa da execução de um projecto passa pela sua definição (*Define*), sendo que é decisiva para todas as restantes fases.

É nesta etapa que se intitula o projecto e se contextualiza na empresa. É criada uma equipa de trabalho e recolhidos alguns dados por forma a perspectivar a redução de custos que podem vir a ser alcançados. Todas as métricas importantes para a avaliação do projecto devem ser objectivamente definidas (CTQ – *Critical To Quality*). O gráfico de Pareto é nesta fase uma ferramenta muito útil, pois ajuda a demonstrar quais os factores que têm mais impacto na performance da empresa. Na sua essência, o gráfico de Pareto, também chamado de gráfico 80/20, indica que 80% dos problemas devem-se a 20% das causas. A Figura 3.3 é um exemplo de um gráfico de Pareto.

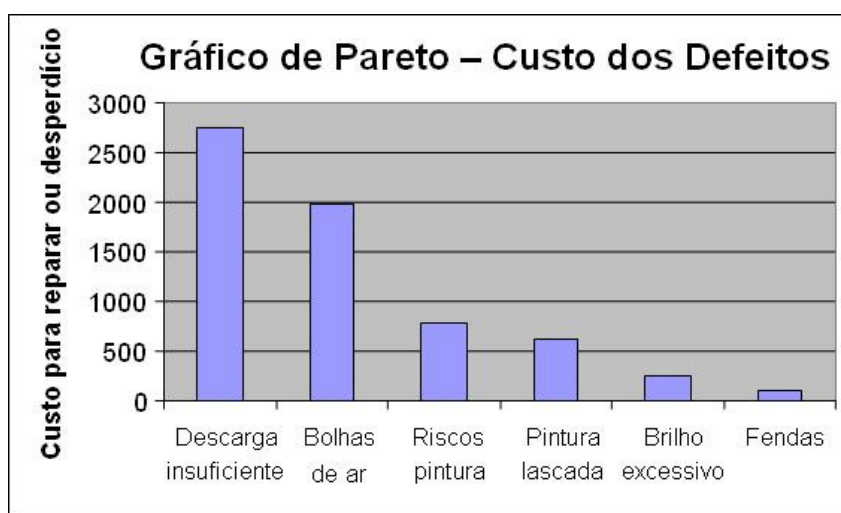


Figura 3.3: Exemplo de um gráfico de Pareto  
(Fonte: Manual de formação DPS da Delphi)



Pode constatar-se que num total de 6200 defeitos, cerca de 80% desses defeitos (5000) devem-se às duas primeiras causas das seis possíveis. Caso se elimine os defeitos “Descarga insuficiente” e “Bolhas de ar”, que são 33% das causas, reduz-se o total de defeitos em cerca de 80% (de 6200 para 1200).

Outra ferramenta muito utilizada para a definição de forma macro das fronteiras do projecto e de todas as variáveis mensuráveis de entrada e saída, indicando claramente onde começa e acaba, facilitando posteriormente a entrada no pormenor, é o chamado SIPOC (*Suppliers, Inputs, Process, Outputs, Customer*), conforme pode ver-se na Figura 3.4.

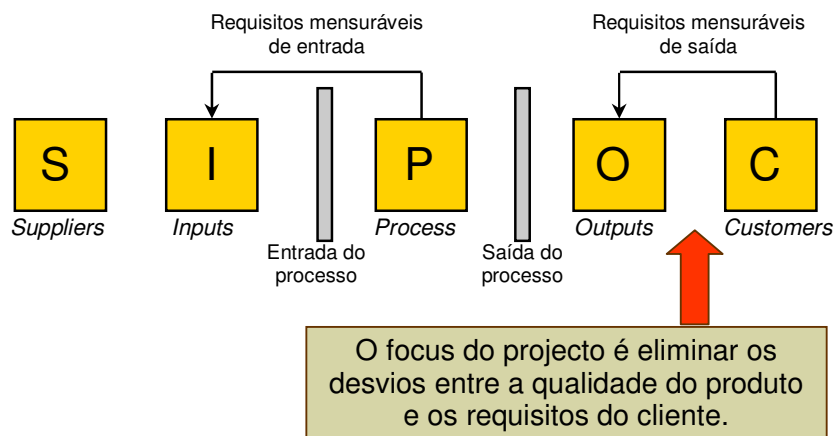


Figura 3.4: Esquema funcional do SIPOC

Com o SIPOC devidamente preenchido pode então passar-se para uma visão mais detalhada do processo onde se deve, de preferência, separar cada uma das suas fases e indicar cada uma das suas entradas e saídas, utilizando para isso normalmente um diagrama de fluxo do processo (P-MAP – *Process Map*). Este mapeamento do processo, que pode também ser definido durante a fase da medição (*Measure*) e, normalmente atravessa pelo menos três fases, conforme ilustrado na Figura 3.5.

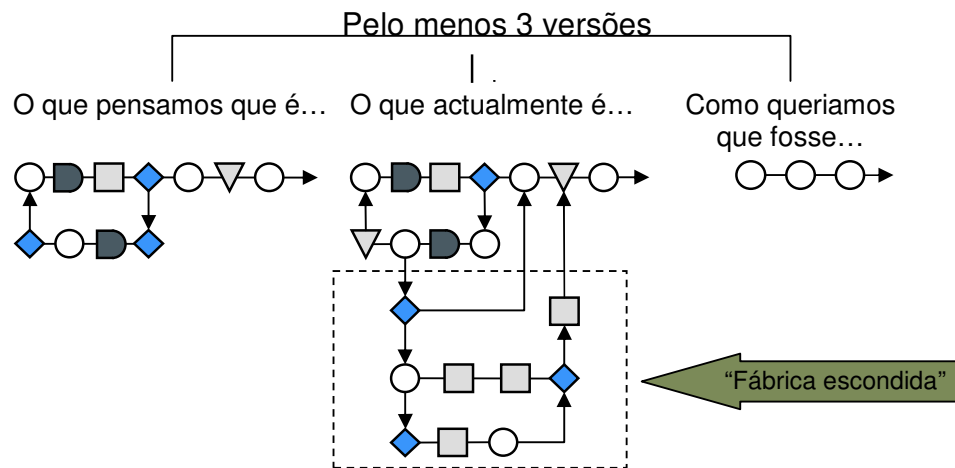


Figura 3.5: P-MAP nas suas várias fases  
(Fonte: Six Sigma Academy International LLC)

Pretende-se caracterizar o processo e expôr as fontes de variação e desperdício. Cada uma das entradas de cada fase do processo são classificadas consoante as suas características intrínsecas, nomeadamente se são controláveis, críticas para o processo, ruído ou se são regidas por procedimentos standard (SOP – *Standard Operation Procedure*). Algumas empresas optam por utilizar ainda uma outra ferramenta chamada T-MAP (*Thought Map*), que é a forma de estruturar todos os passos e tarefas que vão ser executadas. Tal como o próprio nome indica é um mapa daquilo que se pensa fazer durante o projecto. Obviamente que este T-MAP vai evoluindo com o decorrer o projecto e certamente que a sua forma final será diferente daquela que foi projectada numa fase inicial.

### 3.2.2 – Medir

A segunda etapa da execução de um projecto (*Measure*) está relacionada com a avaliação do tipo de dados recolhidos, bem como verificar a sua veracidade, procurando constatar se a aceitação ou rejeição é realizada com confiança. É de extrema importância garantir que os dados representam verdadeiramente o processo e para isso é fundamental validar, seguindo regras, no decorrer de todo o processo de medida. Esta validação intitula-se de MSE (*Measurement System Evaluation*) ou MSA (*Measurement System Analysis*).

Cada componente do erro de medida pode contribuir para a variação, originando decisões erradas. Durante a avaliação dos defeitos, ou não conformidades de um processo pode-se ter a conjunção de aparelhos de inspecção (máquinas) e de observadores (juízes). É importante perceber quanto é que da variação observada do processo é devido à variação do produto e quanto é devido à variação no aparelho de medida. A Figura 3.6 demonstra os dois mais importantes factores a ter em conta num aparelho de medida, a precisão (*precision*) e a exactidão (*accuracy*).

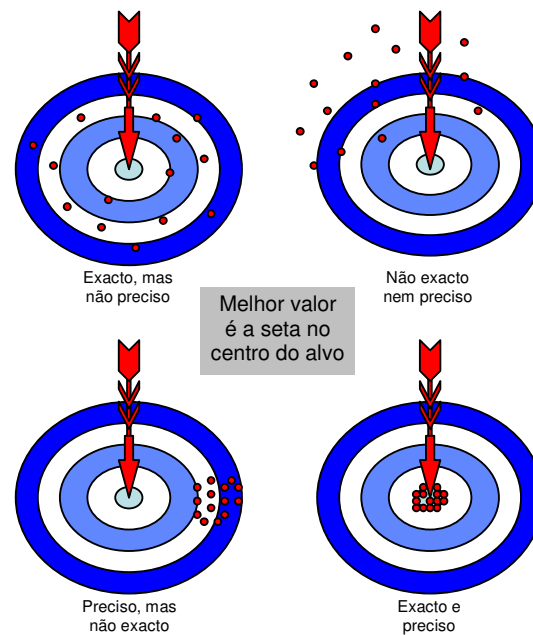


Figura 3.6: Noção de precisão e exactidão

A exactidão é a diferença entre o valor médio observado das medidas e o melhor valor. Normalmente manifesta-se como problemas de declive (*bias*), linearidade (*linearity*) e estabilidade (*stability*). A precisão baseia-se na expansão de valores medidos de um objecto e usualmente manifesta-se como problemas de repetibilidade (*repeatability*) e reprodutibilidade (*reproducibility*).

A reprodutibilidade é a variação das medidas efectuadas por diferentes inspectores, máquinas, linhas, entre outras, quando medindo a mesma característica da mesma peça. Para se quantificar a habilidade dos inspectores ou máquinas repetirem com exactidão as medidas, avalia-se a repetibilidade. A variação total durante uma medição é dada pela fórmula apresentada na equação 3.1.

$$\sigma^2_{Total} = \sigma^2_{Produto} + \sigma^2_{Repetibilidade} + \sigma^2_{Reprodutibilidade}$$

(3.1)

As Tabelas 3.1 e 3.2 mostram exemplos, apesar de básicos e simples, de boas e más repetibilidade e reprodutibilidade.

BOA REPETIBILIDADE			MÁ REPETIBILIDADE		
AMOSTRA	Teste 1	Teste 2	AMOSTRA	Teste 1	Teste 2
1	SIM	SIM	1	SIM	NÃO
2	SIM	SIM	2	SIM	SIM
3	NÃO	NÃO	3	NÃO	SIM
4	SIM	SIM	4	SIM	NÃO
5	NÃO	NÃO	5	NÃO	SIM

Tabela 3.1: Exemplo de boa e má repetibilidade

Comparando os resultados da Tabela 3.1, pode ver-se que no caso da “má repetibilidade”, a decisão do juíz é inconsistente.

BOA REPRODUTIBILIDADE			MÁ REPRODUTIBILIDADE		
AMOSTRA	Juiz 1	Juiz 2	AMOSTRA	Juiz 1	Juiz 2
1	SIM	SIM	1	SIM	NÃO
2	SIM	SIM	2	SIM	SIM
3	NÃO	NÃO	3	NÃO	SIM
4	SIM	NÃO	4	SIM	NÃO
5	NÃO	NÃO	5	NÃO	SIM

Tabela 3.2: Exemplo de boa e má reprodutibilidade

Na Tabela 3.2, observa-se que os dois juízes, no caso da “má reprodutibilidade” não estão de acordo.

Para a validação estatística do aparelho de medida, utiliza-se a função “*Gage R&R*”. Tal como será posteriormente explicado, os resultados gráficos e numéricos desta análise estatística possibilitam a verificação da estabilidade, discriminação, repetibilidade, variação do produto versus variação do aparelho de medida e reprodutibilidade.

Para a correcta execução do MSE, a recolha de dados deve seguir regras básicas, caso contrário pode-se não estar a analisar uma boa amostra da população.

O primeiro requisito a considerar, o *Sampling*, é garantir que a frequência e quantidade da amostragem abranjam o mais possível a realidade da população, afim de representar a variação do processo. Para isso, as amostras devem ser seleccionadas aleatoriamente. Como num MSE se relaciona a variação do aparelho

de medida com a variação dos produtos, a selecção das amostras é extremamente importante.

O segundo requisito, o *randomization*, a cumprir para se executar um MSE é a sequência como se efectuem as medidas. Há casos em que esta questão não é importante, por exemplo em situações em que a medida é destrutiva, o que significa que não é possível repeti-la. Nos casos em que se vai fazer com que cada operador efectue mais do que uma medida à mesma peça, é importante não o fazer de forma a que ele perceba qual a peça que está a medir, pois isso pode afectar o resultado final. A forma adequada de o fazer é, como já foi dito, aleatoriamente, garantindo obviamente que o organizador do MSE sabe perfeitamente identificar cada uma das peças.

A estrutura *tree structure* explicativa de como se vão efectuar as medidas deve ficar bem explícita, por forma a que ninguém tenha dúvidas sobre a sua execução. Dependendo do tipo de produto e processo, a estrutura pode ser *crossed* ou *nested*, conforme as Figuras 3.7 e 3.8.

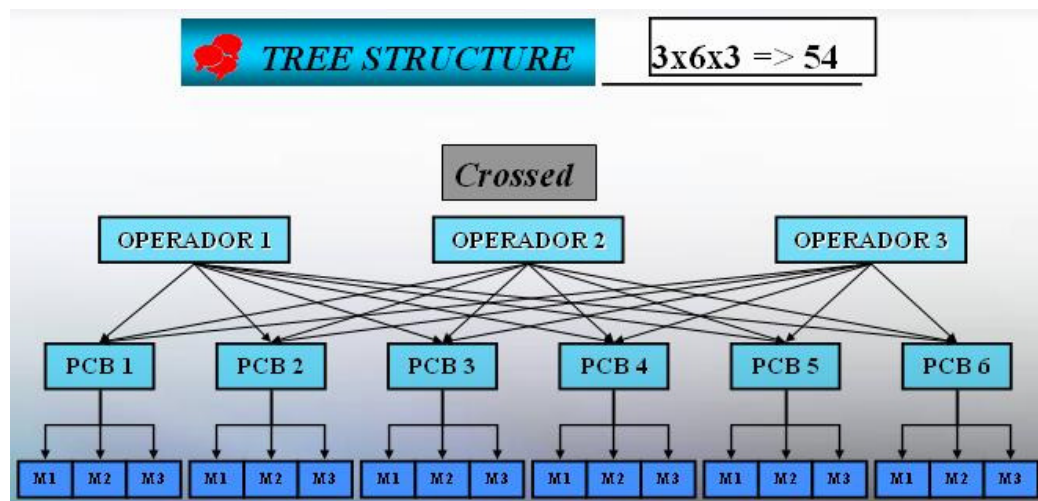


Figura 3.7: Estrutura tipo "Crossed" para recolha de dados para um MSE

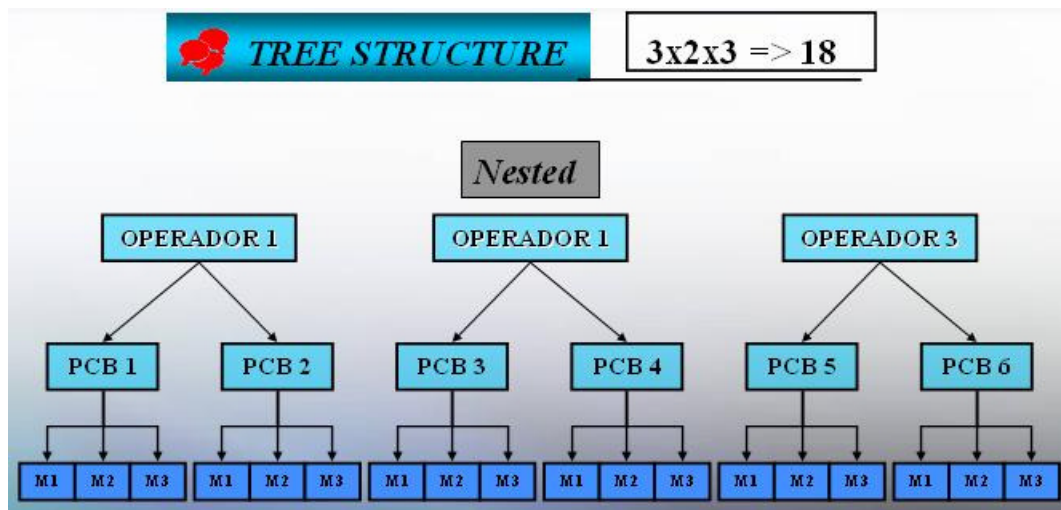


Figura 3.8: Estrutura tipo “*Nested*” para recolha de dados para um MSE

A estrutura *crossed* deve ser aplicada nas situações em que é possível repetir as medições em cada uma das peças. A situação mínima requirida é que cada operador meça três vezes cada uma das peças, de forma não seguida.

A estrutura *nested* deve ser utilizada quando cada operador só pode medir as suas peças, embora deva medir três vezes a mesma peça. No caso de testes destrutivos, cada operador apenas pode medir a mesma peça uma vez.

Uma regra básica que se deve considerar é ter um resultado superior a 15 quando se multiplica o número de medidas efectuadas pelo número de operadores e ainda pelo número de peças utilizadas.

O procedimento de como se farão as medidas deve ficar registado por forma a garantir que todos os operadores o façam exactamente da mesma forma, por isso faz-se um SOP (*Standard Operation Procedures*). Com esse procedimento escrito, evita-se que cada um dos operadores possa efectuar as medidas à sua própria maneira, o que seria mais uma fonte de variação no processo.

Um outro aspecto a considerar é o chamado estudo cego (*Blind study*). Deve-se garantir que cada operador não esteja em posição de observar as medidas de um outro, pois isso pode afectar os resultados finais.

A última consideração a ter em conta é a definição exacta do sítio da peça onde se deve efectuar a medida (*Clocking*).

### 3.2.3 – Analisar

A análise (Analyze) é a terceira etapa da execução de um projecto e normalmente a mais demorada, já que é quando se aplicam diversas técnicas até se encontrar a(s) causa(s) raiz, nomeadamente *brainstorming*, *Ishikawa* ou espinha de peixe, ou ainda diagrama causa e efeito, diagrama de concentração, histograma, gráficos de controlo, cinco porquês (*5 Whys*), diagrama de dispersão, etc. Todas estas técnicas ou ferramentas culminam com a execução, e respectivo preenchimento, do FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*).

A técnica *brainstorming* não é mais do que reunir, e de preferência anotar num quadro onde todo o grupo possa ver, as ideias lançadas, mesmo que à primeira vista pareçam completamente desfasadas do problema.

Depois de cada membro ter dado algumas ideias, deve fazer-se uma breve discussão sobre quais efectivamente estão relacionadas com o problema e quais podem ser eliminadas. De seguida deve-se priorizá-las conforme decisão do grupo, para que a equipa comece a trabalhar por aquela que lhes parece a principal causa do problema. Esta técnica funciona muito bem em conjunto com o diagrama de *Ishikawa* (Figura 3.9).

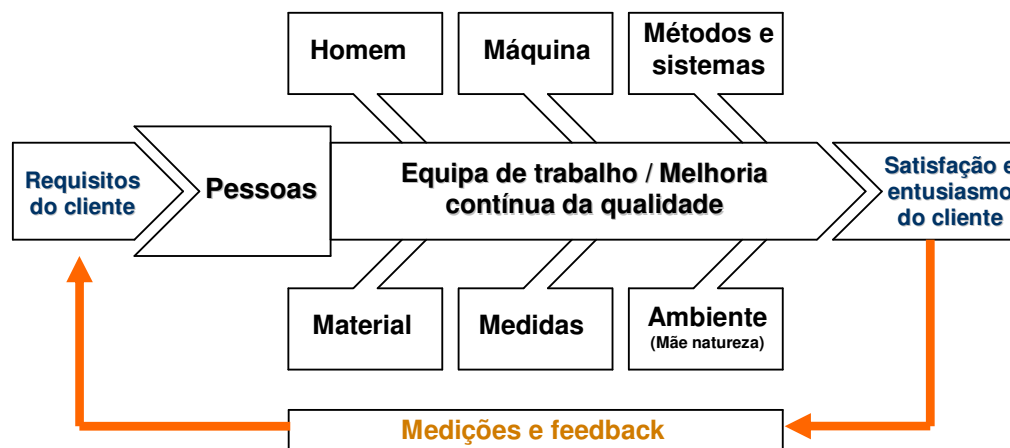


Figura 3.9: Exemplo de um diagrama de *Ishikawa*  
(Fonte: Manual de formação DPS da Delphi)

O *Ishikawa* não é mais do que uma forma estruturada e organizada de procurar a causa de um problema. Se houver feedback do cliente, normalmente significa que se falhou num dos requisitos, logo dos colaboradores da empresa. Assim sendo, deve seleccionar-se uma equipa de trabalho que vá endereçar possíveis causas a cada

um dos seis itens do *Ishikawa* por forma a encontrar a causa do problema e voltar a ir de encontro à satisfação e entusiasmo do cliente.

Utiliza-se basicamente como o *brainstorming*, mas agora cada uma das possíveis causas do problema é endereçada consoante um dos seis itens.

O modelo apresentado na Figura 3.9 é um dos mais completos, já que na sua forma mais simples é composto por uma linha central e seis ramificações (conforme Figura 3.10), tipo espinha de peixe. Esta figura é um exemplo de como se utilizar o diagrama, neste caso para um problema hipotético de um pneu de um carro ter rebentado durante uma viagem.

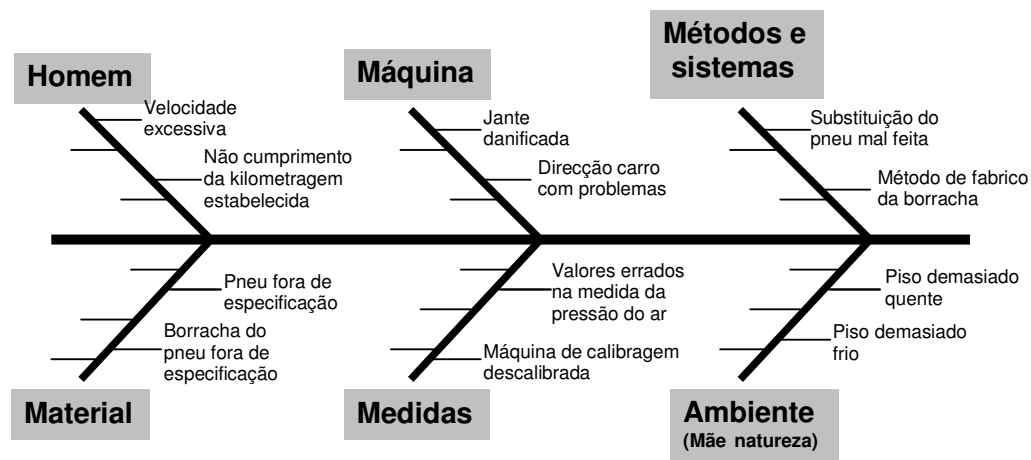


Figura 3.10: Tipo de diagrama Causa e Efeito mais utilizado na empresa

A finalidade é ir atribuindo possíveis causas para o problema, tantas quantas a equipa se lembrar, endereçando cada uma delas conforme a sua natureza, ou seja;

**Homem** – Tudo o que esteja relacionado com falhas humanas. Este item tem sido bastante debatido, pois há quem defenda que nunca se pode atribuir a causa de um problema a uma falha humana, já que se o humano falhou é porque não tinha as ferramentas apropriadas, nomeadamente *Poka Yoke* (ferramenta à prova de erro).

**Máquina** – Para todas as possíveis causas relacionadas com o equipamento.

**Métodos e sistemas** – Tudo o que seja métodos ou sistemas de trabalho.

**Material** – Tudo o que esteja relacionado com material ligado ao problema.

**Medidas** – Aparelhos de medida/inspecção que estejam directa ou indirectamente relacionados com o problema.

**Mãe natureza** – Em que é que a mãe natureza pode afectar ou influenciar o problema.



O diagrama de concentração é uma forma simples e eficaz de demonstrar visualmente se existe alguma concentração de falhas num determinado sítio da peça (Figura 3.11).

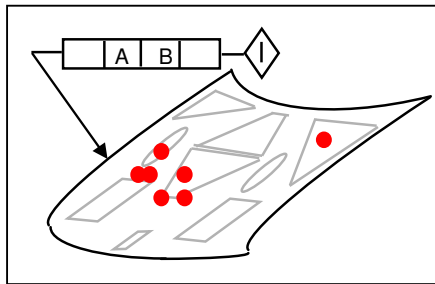


Figura 3.11: Diagrama de concentração  
(Fonte: Manual de formação DPS da Delphi)

O histograma, conforme se pode constatar na Figura 3.12, não é mais do que a indicação da distribuição de um determinado parâmetro, é como que a fotografia dos dados. Permite ficar com informação acerca da tendência central, da variação e da normalidade dos dados, embora este último item necessite por vezes de confirmação, recorrendo a outras ferramentas. Conhecendo a distribuição e os limites especificados é possível avaliar a capacidade do processo.

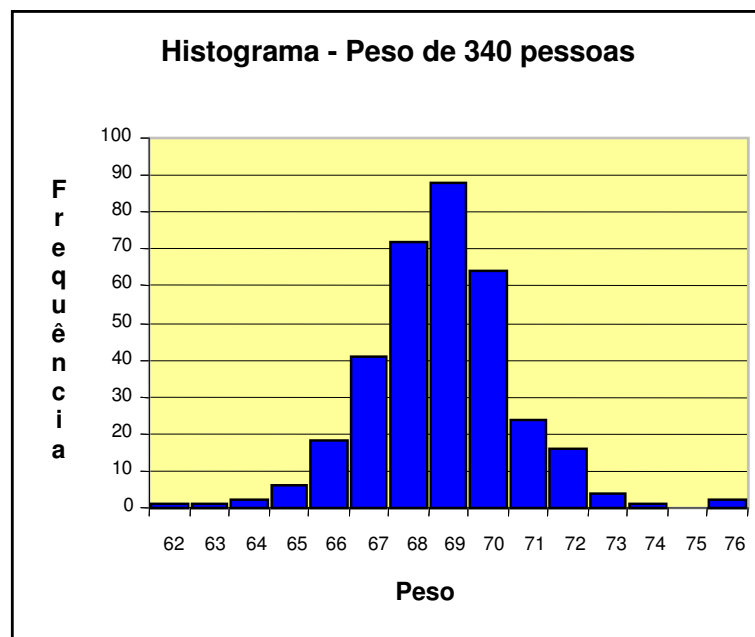


Figura 3.12: Histograma  
(Fonte: Manual de formação DPS da Delphi)

Os gráficos de controlo são muito utilizados na metodologia 6-Sigma, pois permitem monitorizar e com isso obter bastante informação sobre o comportamento de um processo. É possível monitorizar a variação de um processo e, através da definição de limites, actuar quando um deles é ultrapassado.

Existem globalmente duas formas de gráficos de controlo, conforme se trate de dados individuais ou de subgrupos. Para dados individuais, conforme exemplo da Figura 3.13, quando não existem sub-grupos e caso se pretenda ter uma primeira abordagem sobre a estabilidade e comportamento processo pode utilizar-se o “I-MR”.

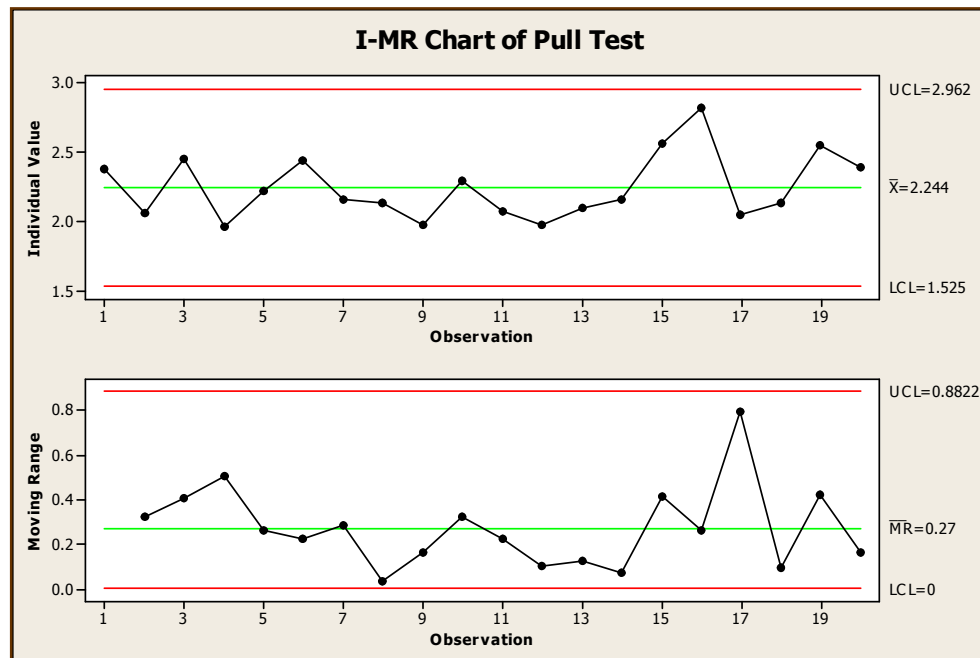


Figura 3.13: Gráfico de controlo “Individual range”  
(Fonte: Six Sigma Academy International LLC)

O gráfico “Individual range” indica se o processo está ou não controlado, enquanto que o “Moving range” mostra se é ou não estável. Se existirem pontos fora dos limites do “Moving range”, então está-se perante um processo instável.

Se existir mais do que um sub-grupo e, conseqüentemente, for necessário estudar o processo com mais detalhe, por forma a encontrar as fontes de variação, devem criar-se sub-grupos e utilizar os chamados “X-Bar-R Chart” ou “Average-Range Char”, conforme exemplo da Figura 3.14, os quais darão pistas importantes, nomeadamente se a variação é dentro ou entre sub-grupos.

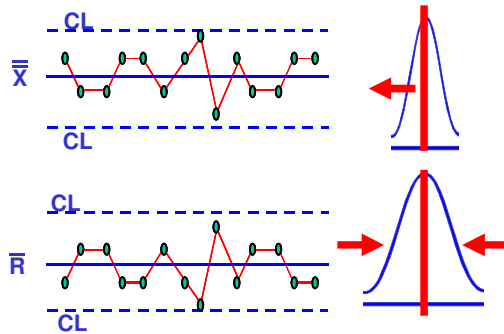


Figura 3.14: Gráfico de controle “X-Bar-R Chart”  
(Fonte: Manual de formação DPS da Delphi)

O *Control Chart (R)* permite observar como é que o processo se comporta ao longo do tempo. Mostra a maior diferença entre os valores mínimo e máximo em cada amostra (*range*). Assim, uma vez que o *R* é uma medida da variação, este gráfico é a medida da variação dentro do sub-grupo. Se não houver pontos acima do limite de controlo superior, pode-se estimar o desvio padrão.

O  $\bar{X}$  permite ver a média de cada sub-grupo. Se existir mais variação fora dos limites de controlo, então esta é predominantemente entre sub-grupos. Pontos fora dos limites de controlo significa que o processo não está controlado.

Enquanto que os tipos de gráficos de controlo referidos se utilizam quando se tem dados contínuos, para dados não contínuos, utilizam-se os “*NP-Chart*”, “*P-Chart*”, “*C-Chart*” e “*U-Chart*”. A Figura 3.15, ilustra de forma simples, quando se deve utilizar cada um dos gráficos de controlo tendo em conta os tipos de dados disponíveis.

Outra das ferramentas referidas e também utilizadas é a chamada “*5-Whys*” (5 porquês) e, tal como o próprio nome tende a indicar, não significa que obrigatoriamente só se possa fazer 5 perguntas. É uma ferramenta muito fácil de entender, mas não tão simples, como parece, de utilizar. A lógica é responder sucessivamente à pergunta “e porquê?” até se chegar à causa raiz do problema. A dificuldade desta técnica está muitas vezes em perceber quando é que se deve parar de perguntar “e porquê?”. Um exemplo da utilização desta técnica pode observar-se na Figura 3.16.

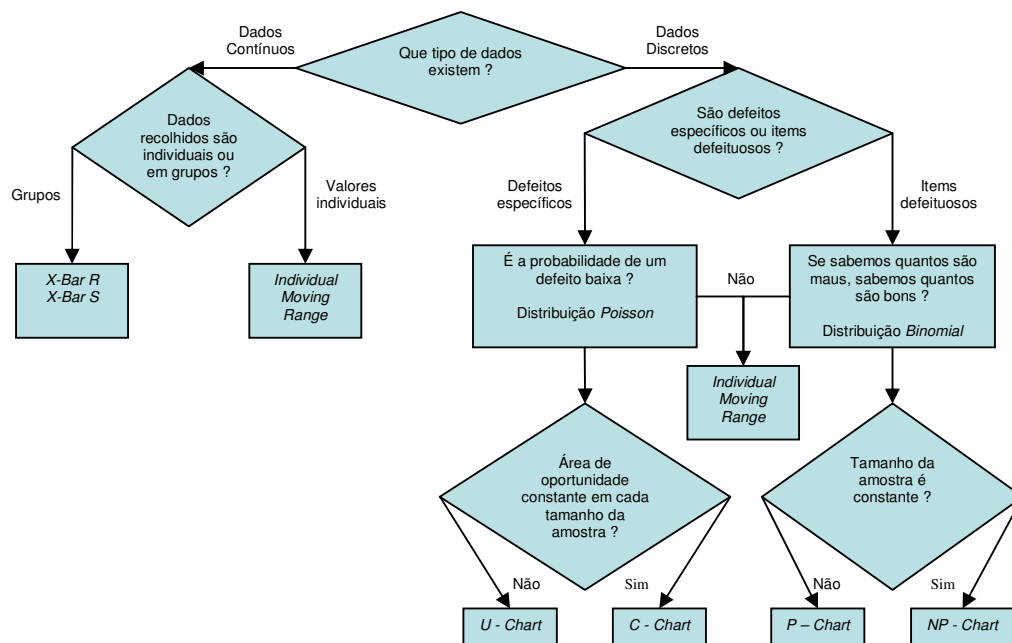


Figura 3.15: Selecção do gráfico de controlo conforme tipo de dados  
(Fonte: Six Sigma Black Belt training)

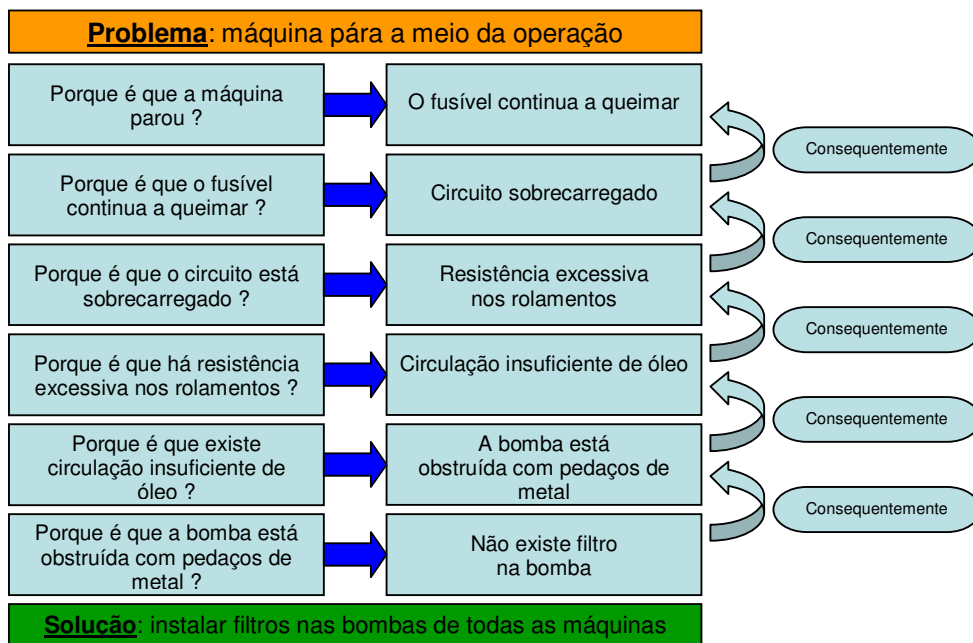


Figura 3.16: “5-Whys”  
(Fonte: Manual de formação DPS da Delphi)

Durante a utilização da ferramenta e ainda de acordo com o exemplo, em vez de parar, percebendo que a causa raiz é a falta dos filtros, poderia acontecer a tentação

de continuar a fazer mais uma pergunta; “E porque é que não existem filtros na bomba?”. Não há nenhuma fórmula mágica para se perceber quando se deve parar, mas uma boa técnica é fazê-lo imediatamente antes de se chegar à falha humana. Adicionalmente, depois de encontrada a causa raiz, pode fazer-se como que a “prova dos nove”, iniciando o percurso inverso e sucessivamente responder com “consequentemente”. Se algo estiver menos bem, a resposta “consequentemente” não fará sentido.

No final desta fase (*Analyze*) já se encontrou a(s) causa(s) do problema e identificaram-se os riscos, iniciando o preenchimento do FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*). O FMEA é uma ferramenta que permite ponderar e, posteriormente na fase da melhoria (*Improve*), controlar os riscos inerentes às escolhas que se fazem. A Figura 3.17 exemplifica como se preenche um FMEA.

Processo produto FMEA (Failure Modes and Effects Analysis)															
Nome do processo ou produto:				Preparado por:				Pag. ____ de ____							
Responsável:				Data (Orig) _____ (Rev) _____											
Passo do processo / Função	Potenciais modos de falha	Potenciais efeitos da falha	SEV	Causas potenciais	OCC	Controlos actuais	DET	RPN	Ações recomendadas	Resp.	Ações tomadas	SEV	OCC	DET	RPN
Qual é o passo do processo / função? Incluir especificações requeridas.	De que modo a saída deste passo do processo está mal?	Qual a severidade do efeito para o cliente? Atribuir valores de 1 a 10.		Qual entrada faz com que este passo do processo falhe?	Com que frequência ocorre a causa ou modo de falha? Atribuir valores de 1 a 10.	Quais são os controlos e procedimentos existentes (prevenção e detecção) que evitam a causa do modo de falha de ocorrer e/ou detectam o modo de falha? Devem incluir o nº do teste ou SOP (Standard Operation Procedure).	Com que certeza consegue detectar a causa ou modo de falha?	Prioridade do risco. Encontra-se mediante os valores atribuídos ao "SEV", "OCC" e "DET".	Quem é o responsável pelas ações recomendadas?	Quais são as ações tomadas com os recalculados RPNs? Certifique-se da inclusão do mês/ano.	Quais são as ações para prevenir a ocorrência da causa, ou melhorar, a detecção? Devem definir-se ações apenas nos RPNs altos.				

Figura 3.17: Exemplo de um FMEA

O factor *RPN*, chamado risco de prioridade, é o resultado da multiplicação dos itens *SEV* (severidade), *OCC* (ocorrência) e *DET* (detecção), os quais são definidos pela equipa de trabalho, consoante a incidência de cada um no problema.

Obviamente, como será demonstrado mais adiante, são sempre utilizados poderosos softwares estatísticos para análise de dados, que no caso desta

dissertação é o Minitab.

Existem mais ferramentas e técnicas que suportam a filosofia 6-Sigma, mas apenas se focaram aquelas que foram consideradas mais influentes e consequentemente utilizadas nesta dissertação.

#### 3.2.4 – Melhorar

A quarta etapa da metodologia 6-Sigma, que é a melhoria (*Improve*), e tem como objectivo controlar os riscos, utilizando para o efeito o FMEA. Analisam-se as forças e resistências e prepara-se toda a organização para as mudanças, principalmente se forem profundas.

Efectuam-se estudos sobre correlação e regressão das variáveis e desenham-se DOE (*Design Of Experiments*), por forma a se encontrar a equação da variável, ou variáveis, de saída (*predictive equation*).

Um DOE é um método organizado e estruturado para determinar a relação entre factores (Xs) que afectam um processo e a sua saída (Y). Por outras palavras, são métodos experimentais usados para quantificar medidas indeterminadas dos factores e interacções entre factores estatisticamente observados com mudanças forçadas, feitas metódicamente e dirigidas por tabelas matemáticas.

#### 3.2.5 – Controlar

A última etapa de um projecto é controlar (*Control*). Deve efectuar-se uma actualização ao Plano de Controlo (*Control plan*), tendo em conta tudo aquilo que foi alterado com a execução do projecto. Dependendo da filosofia utilizada pela empresa, este plano pode tomar várias formas, mas na sua essência, o objectivo fundamental é controlar as características do produto e as variáveis do processo associadas, de modo a assegurar a capacidade (à volta do objectivo definido) e estabilidade do produto ao longo do tempo.

Nesta fase final do projecto, todas as métricas e objectivos traçados durante a definição devem voltar a ser verificados, para garantir que foram atingidos ou superados, o que no fundo significa verificar se o projecto teve ou não o sucesso

esperado.

Como resumo, apresenta-se na Figura 3.18 um mapa que pode servir como guia na abordagem DMAIC. Aponta algumas pistas sobre quais as ferramentas a utilizar em cada uma das fases.

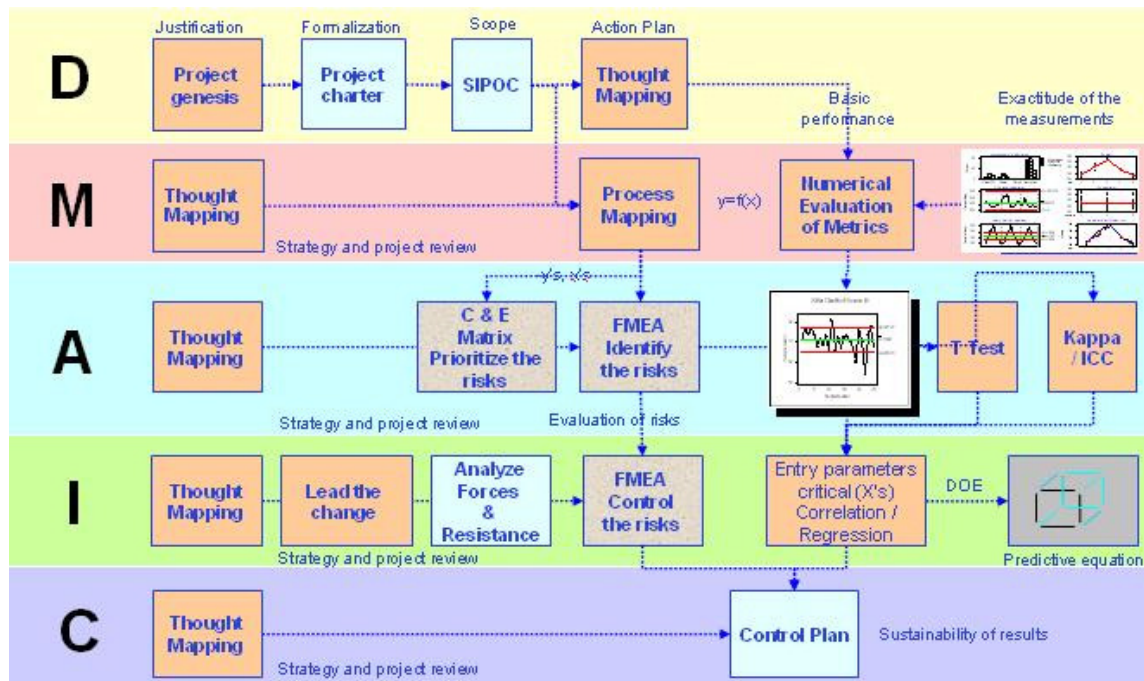


Figura 3.18: “Roadmap” da abordagem DMAIC  
(Fonte: Manual de formação BB – Group AIT Europe)

### 3.3 – Comparação do 6-Sigma com o Shainin

A metodologia 6-Sigma é uma das várias que existem para a execução da melhoria contínua. Não é objectivo desta dissertação abordar todas as metodologias existentes, mas tendo em consideração a actualidade e expansão das técnicas Shainin, será afectuada uma breve comparação com a 6-Sigma.

As técnicas “Shainin Red X” devem o nome ao seu fundador Dorian Shainin ([www.shainin.com](http://www.shainin.com)), um Norte-Americano licenciado em engenharia aeronáutica pelo MIT (*Massachusetts Institute of Technology*), que iniciou a sua carreira na Hamilton Standard, uma divisão da United Aircraft (agora *United Technologies*), durante a segunda grande guerra. O “Red X” é a relação causa-efeito que provoca o maior contraste, ou a maior influência (*leverage*), sobre o “Green Y” (variável de saída)

quando este passa de bom (*BOB - Best Of the Best* – melhor peça de todas) para mau (*WOW - Worst Of the Worst* – pior peça de todas).

A metodologia Shainin baseia-se na sucessiva comparação entre as peças BOB e WOW, até se encontrar o factor que provoca o maior contraste entre as duas. Neste tipo de metodologia é sempre necessário ter fisicamente as partes em análise, sejam elas peças, rádios, suspensões, papéis, etc. No caso do 6-Sigma existe uma necessidade de recolha e análise de dados.

Tal como o 6-Sigma, faz uso de diversas ferramentas, tanto para a abordagem inicial ao problema, como para complementar as análises e poder tirar conclusões. O chamado “*Dictionary game*” (jogo do dicionário) é dos mais utilizados na primeira abordagem ao problema, já que ajuda a focar e, posteriormente, a resolvê-lo. Se se tiver que descobrir uma palavra secreta que consta num dicionário e apenas se puder fazer perguntas que tenham como resposta um “sim” ou um “não”, a melhor estratégia seria sempre fazer perguntas que eliminassem metade das hipóteses, ou seja, a primeira pergunta poderia ser; “a palavra secreta está na segunda metade do dicionário?”. Independentemente de a resposta ser “sim” ou “não”, eliminaria imediatamente metade do dicionário. Caso se prossiga com esta abordagem, encontra-se a palavra secreta. No caso da estratégia utilizada pelo Shainin, o “*Red X*” é como se fosse a nossa pergunta secreta. Precisamos de estratégias que dêem pistas eficientes para se resolver os problemas rapidamente.

Uma das ferramentas mais utilizadas em conjunto com o “*Dictionary game*” para se encontrar o “*Red X*” é o gráfico Multi-Vari (Sequeira Campos, 2000).

Na Figura 3.19 pode ver-se um exemplo de um gráfico Multi-vari.

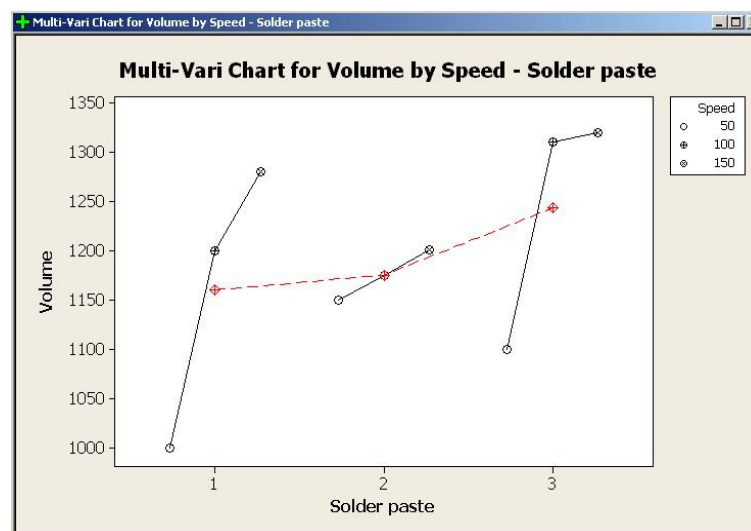


Figura 3.19: Gráfico Multi-vari



Este exemplo meramente hipotético, construído, utilizando o Minitab, mostra qual o comportamento da variável de saída “volume”, com a variação dos factores de entrada “solder paste” (tipo de pasta de solda) e “speed” (velocidade de impressão). Pode ver-se que com a pasta de solda “tipo 2” temos uma menor variação do volume, em relação aos outros dois tipos, quando variamos a velocidade. Pode-se concluir que o Multi-vari indica que existe interacção entre o tipo de pasta de solda e a velocidade. Para se quantificar essa interacção deveria analisar-se os dados utilizando outras ferramentas estatísticas (análise da variância ou o modelo linear).

No Shainin segue-se a metodologia FACTUAL (*Focus, Approach, Converge, Test, Understand, Apply, Leverage*), que é de certa forma análoga ao DMAIC do 6-Sigma. A Figura 3.20 mostra, ainda que de forma simplista, como se podem complementar as duas filosofias.

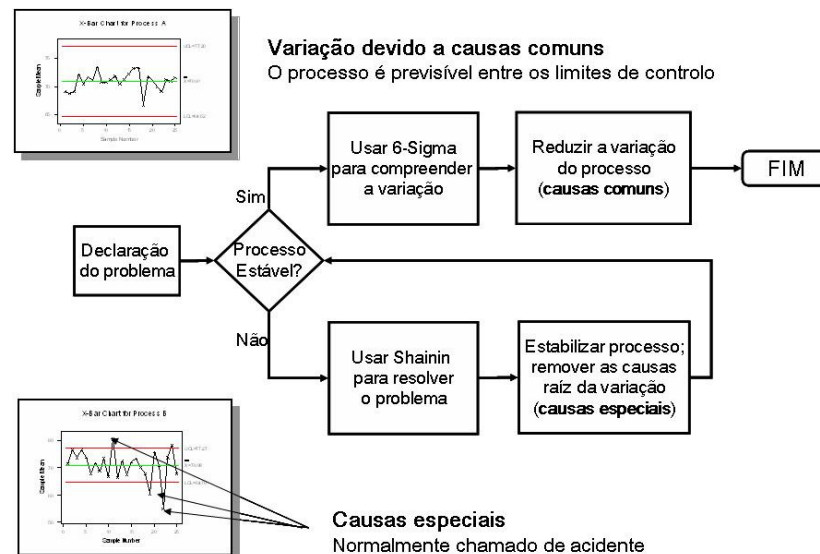


Figura 3.20: Abordagem às metodologias 6-Sigma e Shainin na Delphi-Grundig  
(Fonte: Red X Problem Solving for Manufacturing)

A abordagem Shainin é muito utilizada para resolver problemas provenientes das chamadas causas especiais, por vezes conhecidas como acidentes, o que não quer com isto dizer que não se possa e deva utilizar o 6-Sigma. Para se iniciar a resolução de problemas utilizando as técnicas Shainin, não são necessários conhecimentos estatísticos muito profundos, nem softwares muito evoluídos. Dependendo do grau de formação nestas técnicas, que pode ir desde “Apprentice”, passando por “Journeyman” e atingir o topo como “Master”, podemos estar aptos a resolver

problemas de menor ou maior complexidade. Estes níveis podem, de certa forma, ser comparados ao *Green Belt*, *Black Belt* e *Master Black Belt*, respectivamente, da metodologia 6-Sigma.

Quando se pretende acompanhar e medir a variação de um processo a abordagem 6-Sigma é mais adequada, pois é suportada por um conjunto de ferramentas estatísticas bastante desenvolvidas, que possibilitam a detecção e ajudam na correcção de problemas. O tempo de resolução de problemas com a metodologia Shainin é, comparativamente ao 6-Sigma, e normalmente de duração mais curta.

Enquanto que a metodologia 6-Sigma pode ser utilizada para basicamente todo o tipo de processos, o Shainin não é adequado para resolver problemas relacionados com finanças ou negócios.

Como resumo, apresenta-se na Tabela 3.3 um quadro onde se comparam, resumidamente, as duas metodologias.



6-Sigma	Shainin
	
Ênfase na absoluta compreensão do processo, modelando-o como $Y=f(x_1, x_2, x_3, \dots, x_n)$ com uma abordagem $x$ para $Y$ . Compreensão dos efeitos de todos os $X$ 's.	Ênfase numa busca restrita pelas variáveis ou combinação de variáveis com maior contraste ( <i>leverage</i> ). Focado na eliminação da principal fonte de variação $Y=f(\text{Red } x, \text{Pink } x)$ com a abordagem $Y$ para $x$ .
Focado em compreender e eliminar todas as fontes de variação utilizando cálculos estatísticos (F-teste) para confirmar os resultados.	Eliminar 80% da variação e efectuar a confirmação de novas soluções (e.g. B vs C - Método novo "B" versus método actual "C").
Requer colecção de dados.	Requer a utilização de algumas das partes (peças).
Pode ser utilizado para todos os processos.	Não é efectivo para processos relacionados com negócios.
FMEA, DOE classico, PMAP, MSE, SPC.	<i>Strategy Diagram</i> , <i>Solution Tree</i> , <i>Isoplot</i> , <i>Component Search</i> , <i>Multi Vari</i> , <i>Concentration Diagram</i> , <i>B vs C</i> , <i>Full Factorial</i> , <i>Tolerance Parallelogram</i> .
Mais efectivo quando existem dados.	Mais efectivo quando se consegue distinguir entre peças boas e más.
Necessário software estatístico (interpretação gráfica).	Fornece simples ferramentas gráficas.
Certificações: - Green Belt (5 dias e 1 projecto) - Black Belt (5 semanas e 1 projecto) - Master Black Belt (1,5 semanas e vários projectos e acompanhamento de outros projectos - GB e BB)	Certificações: - Apprentice (3 dias e 1 projecto) - Journeyman (2+2 dias e 1 projecto) - Master (2 dias e 3 projectos e ainda acompanhamento de 2 Journeymans) - Top 5 Manager - Top 5 Executive

Tabela 3.3: Metodologia 6-Sigma versus Shainin

(Fonte: *Red X Problem Solving for Manufacturing*)

Não se pretende com esta tabela demonstrar qual é a melhor das duas metodologias, pois, como ficou vincado, ambas têm alguns pontos em comum e em algumas situações até se complementam. Pretende-se evidenciar os pontos fortes e menos fortes de cada uma delas, por forma a facilitar e ajudar numa possível indecisão sobre qual delas utilizar para a resolução de um determinado problema.

## CAPÍTULO 4 – Enquadramento do processo de soldadura *reflow*

### 4.1 – Caracterização da empresa

A história da Grundig remonta a 1930, quando um Sr. chamado Max Grundig criou uma pequena fábrica de transformadores na Alemanha. Em 1965, decidiu expandir o ramo de negócios em Portugal e foi então que nasceu a Grundig, uma história de sucesso que atravessou duas gerações na cidade de Braga.

Não é intuito desta dissertação analisar as certificações, nem tão pouco os prémios, da empresa, apenas se salienta o ano de 2003, mais concretamente o mês de Setembro, que marcou a aquisição da Grundig pela multinacional Delphi. Esta data marca, consequentemente, o início da grande aposta da empresa nas metodologias 6-Sigma.

Na Figura 4.1 pode ver-se a abordagem da Grundig ao conceito de Qualidade antes da aquisição por parte da Delphi.

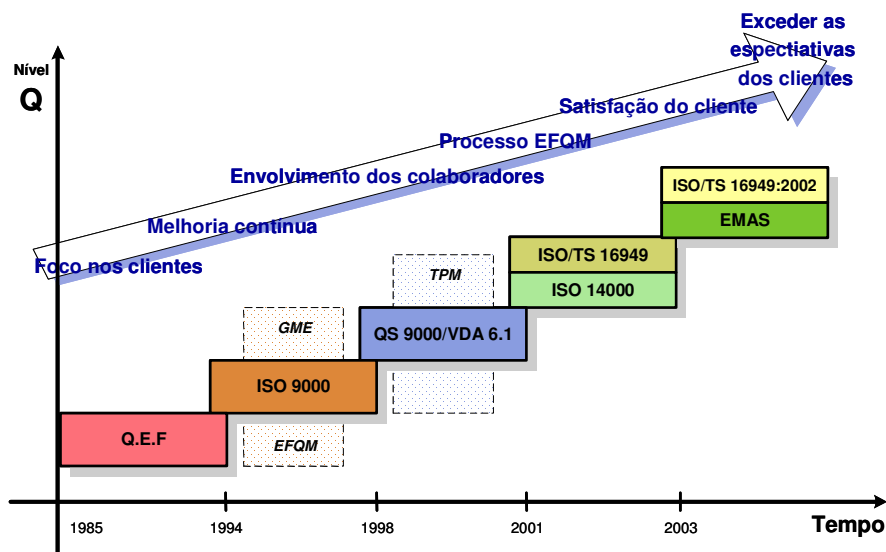


Figura 4.1: Certificações de maior relevo da Grundig até entrar para o grupo Delphi

As certificações de maior relevo alcançadas nos últimos anos são a **ISO 9001:2000**, **ISO/TS 16949**, **ISO 14001** e o **EMAS**.

A empresa situa-se em Braga, mais concretamente em Ferreiros (Figura 4.2).

A área total de produção é de 9600m<sup>2</sup>, onde laboram 883 colaboradores, produzindo actualmente cerca de 2.500.000 unidades anuais. A maioria dessas unidades são

auto-rádios, mas também se produzem sistemas multimédia e telemática para a indústria automóvel.



Figura 4.2: Foto da fachada principal da Delphi-Grundig

A área total da empresa é composta por 3 edifícios. Um deles é basicamente área produtiva, outro está parcialmente ocupado para armazém volumoso e o último é exclusivamente para formação.

A produção está de uma forma global dividida em três grandes áreas, a Montagem Automática, a Montagem Manual e a Montagem Final (Figura 4.3).

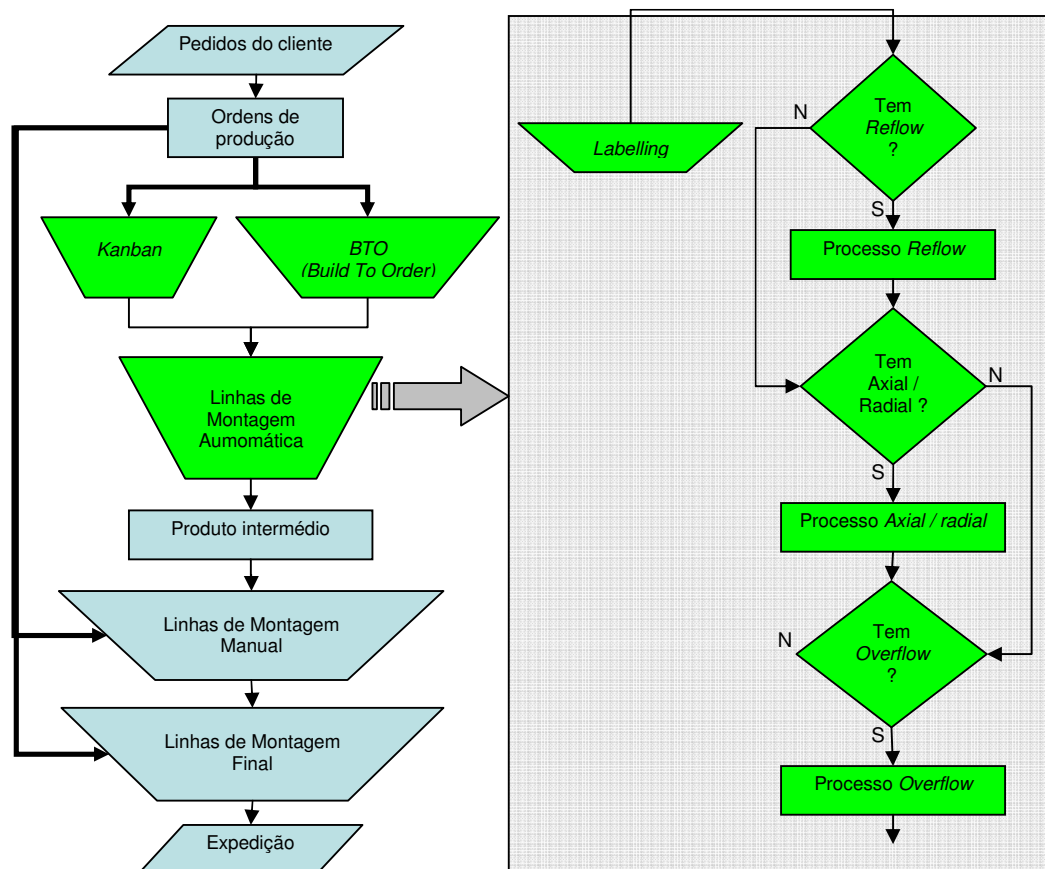


Figura 4.3: Fluxograma simplificado do processo produtivo

A Montagem Automática é precisamente o início do processo de montagem de um rádio, se excluirmos a recepção dos materiais. Por ser a área onde decorre esta dissertação, está explicada com um pouco mais de pormenor, na caixa do lado direito, na referida Figura 4.3. As ordens de produção que chegam a essa área transformam-se em PCBs identificados com códigos de barras e colocados em contentores prontos para seguirem para as linhas de produção, onde podem ser submetidos as três tipos de processos diferentes, dependendo do tipo de placa. Algumas placas são submetidas aos três processos, mas no caso dos produtos mais recentes, apenas atravessam o processo *reflow*.

A esta área chegam diversos componentes, sendo que 99% deles são os chamados SMD (*Surface Mount Device*). Estes componentes são montados e soldados ao PCB (*Printed Circuit Board*), através do processo *reflow*. Este processo, visto ser um dos focos desta dissertação, será explicado em pormenor no decorrer deste capítulo.

O processo *Axial/Radial* é onde se inserem os componentes tradicionais, ou seja, os que têm terminais que atravessam a placa. Posteriormente, já na Montagem Manual, são soldados recorrendo a um método chamado soldadura por onda.

O processo *Overflow* é, tal como o *reflow*, um método de colocar os SMDs no PCB, mas neste caso, em vez de soldados, são primeiro colados à placa, para posteriormente serem submetidos à soldadura por onda, mais uma vez na Montagem Manual. Tanto o processo *Axial/Radial* como o *Overflow* estão em acentuado decréscimo, sendo que já só se utilizam para produtos muito específicos ou menos recentes.

A etapa seguinte é a Montagem Manual que é onde se colocam, tal como o próprio nome indica, as peças manualmente, normalmente por serem demasiado grandes para serem inseridas automaticamente. É também onde se faz a interligação das diferentes placas ou módulos que a unidade tem. De uma forma mais simplista, é onde o auto-rádio começa a ganhar a forma tal como se vê num carro.

Na Montagem Final fazem-se testes funcionais, objectivos e subjectivos, para se verificar todas as funcionalidades da unidade, tentando eliminar todas as possibilidade de um rádio defeituoso chegar ao cliente final.

Na Montagem Automática a variedade de PCBs é em maior número que nas área seguintes, uma vez que cada modelo de auto-rádio tem mais do que um tipo de

placas diferentes. Na Montagem Manual faz-se a ligação de todas estas placas, criando diferentes modelos de auto-rádios, para vários clientes.

Por motivos de protecção ao negócio e clientes, futuras referências no decurso da dissertação aos produtos/rádios produzidos na empresa, surgirá de forma anónima. Nunca serão relacionados os produtos com os respectivos níveis de qualidade.

Todos os clientes pretendem, em última instância, receber os produtos conforme as especificações, mas cada vez mais exigem que a empresa esteja equipada com tecnologia que lhes garanta uma qualidade e flexibilidade tão elevadas quanto possível. Apesar de a política de qualidade da Delphi-Grundig já ter delineado a aquisição de equipamentos de inspecção de pasta de solda (SPI), por forma a detectar e segregar possíveis defeitos do processo ou produto, é requerido por alguns dos clientes ter este tipo de máquina de inspecção.

Devido ao facto de uma parte significativa dos defeitos de um rádio estar ligada ao processo de deposição de pasta de solda, a inspecção permite avaliar o processo quando este está ainda praticamente no início, reduzindo assim custos de reparação e retrabalho, e controlar a sua variação.

A principal força da metodologia 6-Sigma é precisamente medir a variação para que se possa controlar o desvio padrão, daí fazer todo o sentido a aplicação destas ferramentas no processo de controlo da deposição de pasta de solda.

A função do mestrando na Delphi-Grundig é de Q.E. (*Quality Engineer*), sendo o responsável por toda a qualidade dos produtos na área da montagem automática. Em termos de organigrama faz parte do grupo da Produção, embora tenha uma grande proximidade ao departamento de Satisfação do Cliente. Na prática faz a ponte entre os dois departamentos.

É ainda o representante da Delphi-Grundig na Delphi global, num grupo chamado MTT (*Manufacturing Technology Team*). Na Delphi foram criados grupos de trabalho para cada uma das áreas consideradas de influência capital no processo de fábrica. O grupo SMT (*Surface Mounted Device*), ao qual pertence, é precisamente aquele que está relacionado com a Montagem Automática. Estes grupos de trabalho visam, genericamente, a transferência de conhecimento e tecnologia entre fábricas. São realizadas conferências telefónicas mensais e anualmente todo o grupo se junta para alinhar agulhas e trocar experiências.

Além disso e, porque é o responsável pela qualidade dos produtos na área da montagem automática, também pertence ao grupo I&CIM (*Innovation and Continuous Improvement Methodologies*), que são os responsáveis por todas as metodologias de melhoria contínua. É precisamente por pertencer a este grupo que foi considerado uma pessoa chave nas metodologias de melhoria contínua e consequentemente lhe foi dada a oportunidade de se certificar como BB (*Black Belt*).

## **4.2 – Metodologia 6-Sigma na Delphi-Grundig**

Dentro de um contexto generalizado de melhoria contínua, as oportunidades para expandir conhecimentos e utilizá-los para benefícios da organização, aparecem naturalmente.

Assim que a Delphi adquiriu a Grundig, a aposta na formação na área da qualidade foi uma das muitas directrizes de carácter essencial, o que permitiu formar e certificar algumas pessoas chave da organização nas metodologias 6-Sigma, nomeadamente como GB (*Green Belt*). Devido à elevada motivação e resultados demonstrados, tendo mesmo sido a Delphi-Grundig uma das empresas da multinacional Delphi que mais melhorou na qualidade dos produtos e apresentou maiores poupanças com projectos de melhoria a nível mundial, depressa se percebeu que a aposta na formação tinha sido claramente ganha. Segundo Masumi (2003, p. 3), a formação é uma arma muito importante para o envolvimento e compreensão sobre o 6-Sigma.

Toda a organização, principalmente os colaboradores que mais directamente influenciam a qualidade dos produtos, aqueles que estão nas linhas de montagem, têm recebido formação sobre técnicas básicas de resolução de problemas, o que na Delphi se chama DPS (*Delphi Problem Solving*). Cerca de 40% dos colaboradores da Delphi-Grundig já receberam esta formação, representando para a empresa cerca de 150 propostas de melhoria anuais, o que torna possível poupar dezenas de milhares de euros. Esta ferramenta básica de resolução de problemas, não é mais do que um formulário que inicia e facilita a aprendizagem do utilizador na abordagem DMAIC.

Sendo o mestrando formador da metodologia DPS, e certificado como *Green Belt*, a organização decidiu apostar ainda mais e foi-lhe dada a oportunidade de ir um



pouco mais além, frequentando a formação avançada em 6-Sigma, para obtenção da certificação *Black Belt*. A formação ficará concluída assim que terminar o projecto, o qual deverá ter um impacto efectivo e significativo nas métricas de qualidade e consequentemente na redução de custos.

Neste momento a Delphi-Grundig tem certificados, no caso da metodologia 6-Sigma, cerca de 50 *Green Belts*, um *Black Belt* e um *Master Black Belt* em fase adiantada da certificação. Tem ainda três pessoas com a certificação *Shainin Apprentice Red X*, e outras duas a finalizar a certificação *Shainin Journeyman*.

Esta dissertação de mestrado tem muitos pontos de contacto com a referida certificação *Black Belt*, as quais proporcionaram uma melhoria substancial dos níveis de qualidade do processo de soldadura *reflow* e uma diminuição do refugo resultante da má qualidade. A metodologia 6-Sigma permite, recorrendo a ferramentas estatísticas, prever quantos dados vão estar fora da média esperada pela empresa e compreender a variação do processo *reflow* e assim actuar por forma a controlar e diminuir essa variação.

As principais dificuldades que algumas empresas encontram ao tentarem seguir a filosofia 6-Sigma é que só terão sucesso se a metodologia for transversalmente sentida por toda a organização, com um enorme suporte por parte dos líderes de topo, aliás como já foi referido anteriormente. A formação pode também ser vista, por vezes, como uma dificuldade já que a mais avançada, por exemplo para BB e MBB, tem custos imediatos relativamente elevados, os quais nem sempre são vistos como um investimento a curto e médio prazo.

Tal como já foi referido, existe na Delphi um grupo de pessoas que se dedica totalmente à melhoria contínua, utilizando as metodologias 6-Sigma, DFSS (*Design For Six Sigma*), engenharia robusta, Shainin e DPS (*Delphi Problem Solving*). A esse departamento chama-se I&CIM (*Innovation and Continuous Improvement Methodologies*). Cada empresa do grupo tem um conjunto de pessoas chave para implementar e seguir as filosofias de melhoria contínua. A implementação dessas filosofias passam por dar formação aos colaboradores da empresa, impulsionar o uso destas ferramentas e apoiar e suportar todos os projectos.

A Figura 4.4 demonstra a forma como se dividem as diversas ferramentas referidas consoante a fase de produção de um auto-rádio ou sistema de navegação e multimédia.

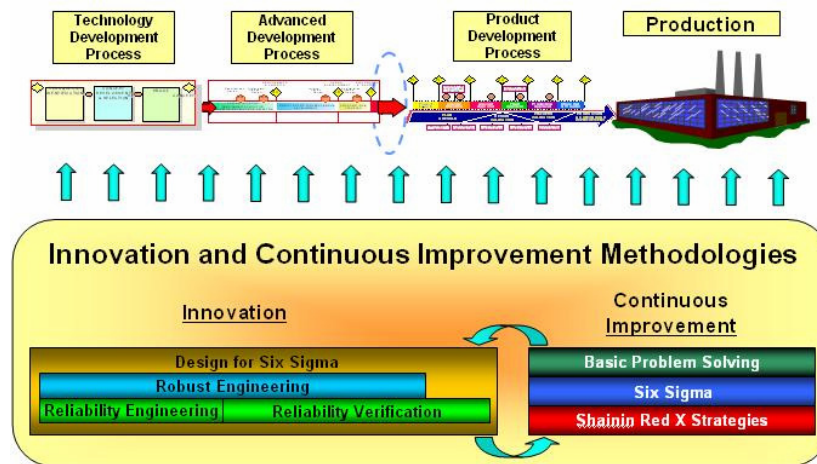


Figura 4.4: Fases de desenvolvimento do produto versus metodologia de melhoria contínua a aplicar (Fonte: *Red X Problem Solving for Manufacturing*)

Estando na fase de desenvolvimento do produto onde existe necessidade de inovação, o DFSS e Engenharia Robusta são as mais adequados. Na fase de produção, há maior necessidade de melhoria contínua e, o 6-Sigma, o Shainin e DPS (*basic problem solving*) são as ferramentas a utilizar, consoante o grau de dificuldade e o tipo de problema.

O DFSS é semelhante à metodologia do 6-Sigma, mas aplicado à fase de desenvolvimento de um produto.

A Figura 4.5 é mais um complemento à informação sobre qual a melhor ferramenta a utilizar consoante a fase de desenvolvimento do produto e o tipo de problema.

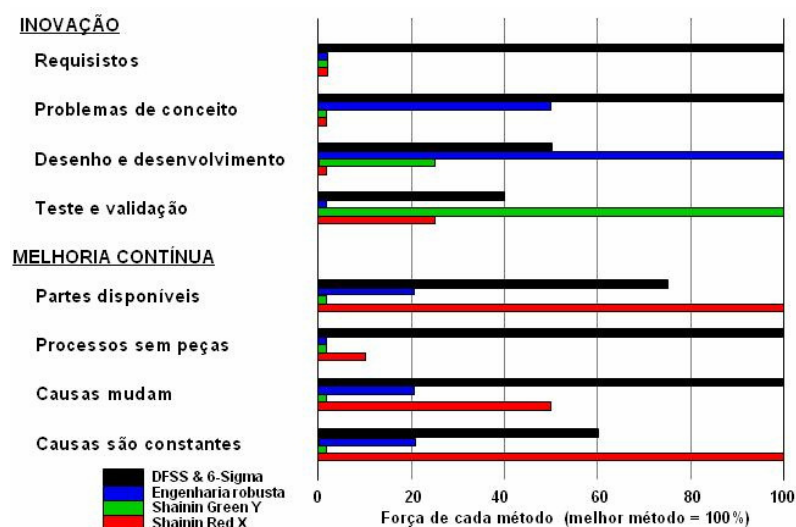


Figura 4.5: Fases de desenvolvimento do produto versus metodologia de melhoria contínua a aplicar (Fonte: *Red X Problem Solving for Manufacturing*)

Apenas para clarificar um pouco a visão da Delphi em torno de todas as metodologias e actividades que têm por objectivo comum superar as expectativas dos clientes, pode analisar-se a Figura 4.6. As ferramentas I&CIM, Lean e estratégias para a qualidade são a base do conceito chamado Lean Enterprise, o qual faz parte da Rede da Qualidade e que tem sempre como objectivo a excelência, evidentemente, com o foco nos clientes.

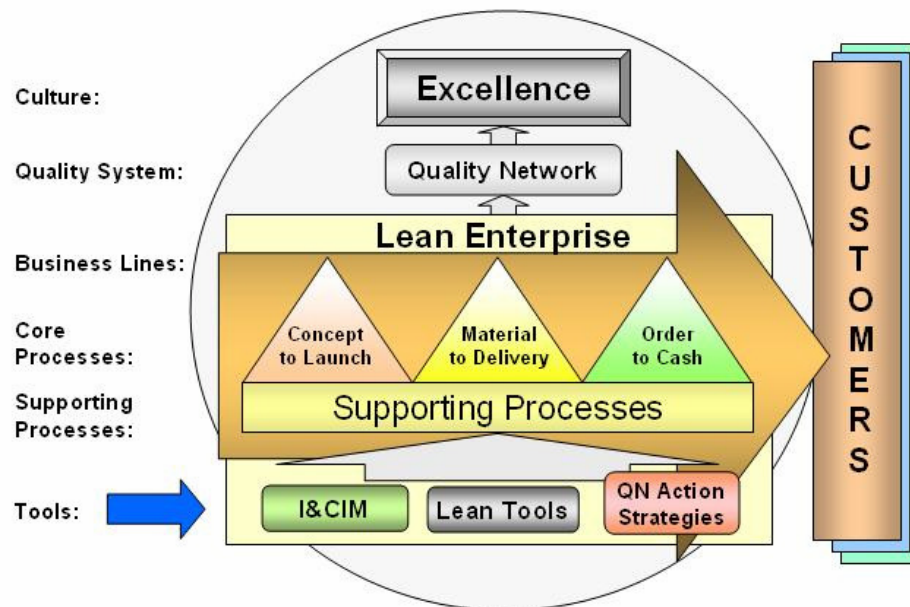


Figura 4.6: Diagrama funcional da Rede da Qualidade na Delphi-Grundig  
(Fonte: *Red X Problem Solving for Manufacturing*)

Numa perspectiva prática, a selecção dos projectos na Delphi-Grundig está sempre alinhada com os objectivos e directrizes globais. As empresas do grupo não têm todas os mesmos níveis de qualidade, quer internamente quer no cliente final, pois isso está dependente do tipo e complexidade do produto. Isto significa que se na Delphi global se define como objectivo de defeitos no cliente, por exemplo, 10 RPPM (*Returned Part Per Million*), isso quer dizer que as empresas que tiverem 15 RPPM estão a um pequeno passo de o atingir, enquanto que uma empresa que tenha 50 RPPM, terá que tomar medidas enérgicas e urgentes para o alcançar.

Na Delphi-Grundig, quando um determinado cliente exige mais do que o objectivo global da Delphi, esse passa a ser o objectivo a seguir.

Depois de conhecidos e traçados os objectivos a atingir, faz-se a análise do Pareto de defeitos por cada uma das áreas da empresa. Para cada um dos defeitos do *top 3*, definem-se estratégias e consequentemente escolhe-se qual a melhor

metodologia a seguir para resolvê-lo.

Além desta forma mais reactiva aos problemas, existem métodos de prevenção, que são sempre os mais desejados, que passam por medir constantemente o processo. Se num dos pontos de medida do mesmo é ultrapassado o chamado nível de disparo (*alarm trigger*), são despoletadas várias acções, começando por parar de imediato a linha de produção e informar via SMS o Q.E. (*Quality Engineer*). Apesar disso, a primeira pessoa a intervir para tentar resolver o problema é sempre o operador da linha, o que acaba por acontecer em 80% das situações. Caso o problema se revele de difícil resolução, poder-se-à partir para a utilização de alguma das metodologias de resolução de problemas.

Consoante a aparente dificuldade dos problemas a resolver, aplicam-se metodologias mais ou menos complexas, pois nem sempre é simples a previsão da mesma.

Quando o problema exige mais conhecimento e ferramentas, nomeadamente estatísticas, pode passar-se para um projecto GB ou mesmo BB.

A Figura 4.7 ilustra de forma sintetizada a lógica seguida para a melhoria contínua do processo e, conseqüente aumento da competitividade.

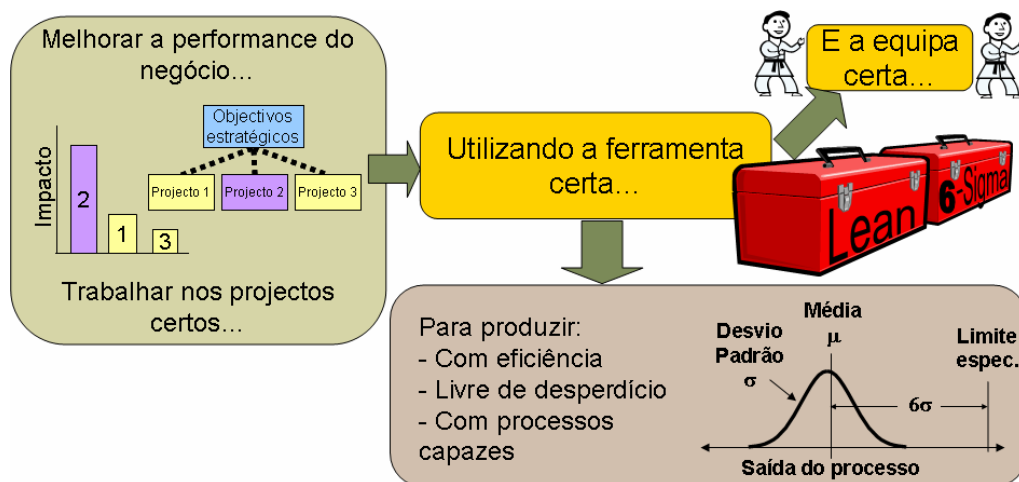


Figura 4.7: Selecção de projectos de melhoria contínua na Delphi-Grundig  
(Fonte: Six Sigma Academy International LLC)

Os passos para a melhoria contínua começam sempre pela selecção dos defeitos com mais impacto nas métricas da organização, escolhendo a ferramenta certa para atacar cada um deles e utilizando, obviamente, os recursos humanos adequados.

### 4.3 – Enquadramento da dissertação na empresa

Na Delphi as prioridades globais são respectivamente, a segurança dos colaboradores, a qualidade e a redução de custos. Esta classificação tem um impacto decisivo na selecção dos projectos a implementar, e posteriormente na metodologia a seguir.

Com vista a atingir a meta dos 40 RPPMs, ou seja, ter no máximo 40 rádios com defeito no cliente final em cada milhão de unidades vendidas, foi criada em 2006 na Delphi-Grundig uma lista de 10 projectos prioritários. Consoante o impacto de cada um desses projectos nas duas principais métricas da qualidade (FTQ e RPPM) e do respectivo grau de dificuldade, definiram-se as metodologias a utilizar e criaram-se equipas de trabalho. O processo de soldadura *reflow* foi identificado como um dos alvos, por forma a atingir os objectivos.

Durante o processo de deposição de pasta de solda na placa de circuito impresso (PCB), caso algo corra mal e seja detectado pela máquina de inspecção de pasta de solda (SPI), essa placa vai para a reciclagem, ou seja contribui para o desperdício. Além disso, caso um problema não seja encontrado nesta fase inicial do auto-rádio, os custos com a reparação são elevados e tudo será muito mais grave caso uma má deposição de pasta de solda se transforme num problema no cliente final.

### 4.4 – Introdução ao processo de soldadura *reflow*

De forma simplista, o processo de soldadura *reflow* não é mais do que a forma de unir os componentes electrónicos (SMD) à placa de circuito impresso (PCB – *Printed Circuit Board*).

A Figura 4.8 é o diagrama de blocos de uma linha de montagem para o processo de soldadura *reflow*. Numeraram-se as figuras para que seja mais simples a explicação do fluxo produtivo.

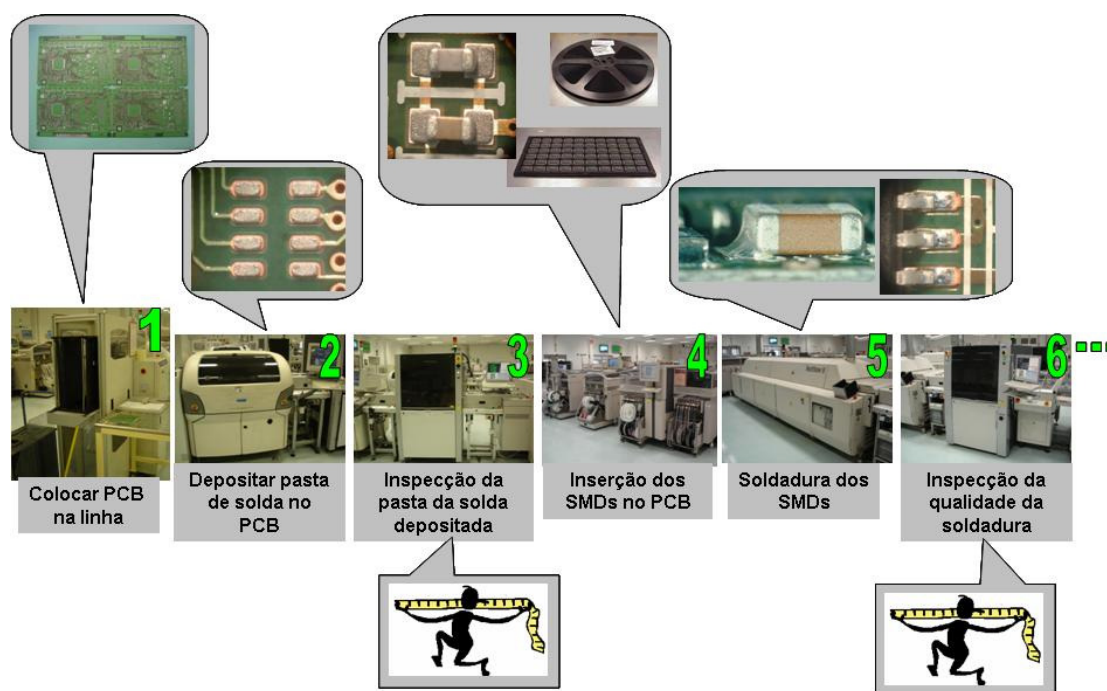


Figura 4.8: Diagrama de blocos do processo de soldadura *reflow*

A sequência deste tipo de processo é, depois de colocar a placa em linha (bloco 1), depositar a pasta de solda no PCB, apenas nas zonas desejadas, utilizando uma máquina habitualmente chamada *printer* (bloco 2). De seguida procede-se à inspeção dessa mesma deposição, utilizando a máquina SPI, a qual verifica se a área, volume, altura e desvios em X e Y, estão conforme esperado (bloco 3). Esta inspeção está ainda em fase de apreendizagem e maturação, daí que seja o ponto fulcral desta dissertação. Urge avaliar as capacidades deste tipo de máquina por forma a tirar o máximo proveito da detecção dos defeitos numa fase ainda prematura do processo, e, principalmente, controlar a variação do processo.

O próximo passo é colocar os SMDs em cima da pasta de solda, e consequentemente do PCB, utilizando para o efeito máquinas de inserção apropriadas ao tamanho, formato e complexidade dos SMDs (bloco 4). O número de máquinas a utilizar por linha de montagem depende sempre do CT (*Cycle Time*) que satisfaça o pedido do cliente, ou seja, conforme a quantidade diária de rádios pedida pelo cliente, do número de componentes desse rádio, e obviamente a velocidade de colocação da máquina, tendo mais ou menos máquinas por linha.

Com os componentes devidamente colocados no PCB em cima da pasta de solda, o próximo passo é fazer passar a placa numa estufa, afim de efectuar a ligação física e química entre os SMDs e os *pads* (almofadas onde assentam os componentes) da

placa (bloco 5).

O último passo é a inspecção das soldaduras e posicionamento dos componentes, utilizando uma AOI (*Automatic Optical Inspection*) (bloco 6). É neste passo que se mede o FTQ da linha, ou seja, é nesta máquina que se contabilizam quantas placas com defeito foram encontradas. Como se trata de avaliações de imagens digitalizadas em tempo real, a falsa rejeição nesta máquina é relativamente elevada, por isso em cada uma delas existe um operador para confirmar a decisão. O operador tem sempre 3 opções:

=> confirmar o defeito que a máquina detectou, concordando com ela e enviando a placa para a reparação.

=> discordar da decisão da máquina, o que significa que a placa não tem defeito. Este é o erro considerado de tipo 1 ( $\alpha$  - Risk). O erro de tipo 2 ( $\beta$  - Risk) não se verifica neste processo, já que o operador nunca verifica as placas que a máquina decidiu como sendo boas. Isto significa que se máquina não detectar algum defeito, o operador não terá qualquer influência sobre a mesma.

=> concordar com a decisão da máquina, mas como o defeito está conforme normas IPC-A-610, a placa pode seguir para o processo seguinte sem quaisquer reparação.

Para uma compreensão mais clara do processo de soldadura *reflow*, urge explicar um pouco em mais detalhe, mesmo assim sem entrar em demasiados pormenores, os elementos mais importantes de todo o processo; pasta de solda, PCB, componentes (SMD) e estufa. As duas máquinas, e respectivas ferramentas adjacentes, a de colocação da pasta de solda e a de inspecção da mesma, serão explicadas com o devido detalhe mais adiante.

### **i Pasta de solda**

Tal como o próprio nome indica, a solda utilizada encontra-se num estado pastoso.



Figura 4.9: Tubo de pasta de solda



A pasta de solda mais comumente utilizada neste tipo de soldadura é o tipo 3, o que significa ter pelo menos 80% das partículas redondas com um diâmetro médio entre 25 e 45 $\mu$ m (Figura 4.10). O tipo 2 significa ter partículas maiores, entre 45 e 75 $\mu$ m (Figura 4.10), e o tipo 4 partículas entre os 20 e 38 $\mu$ m.

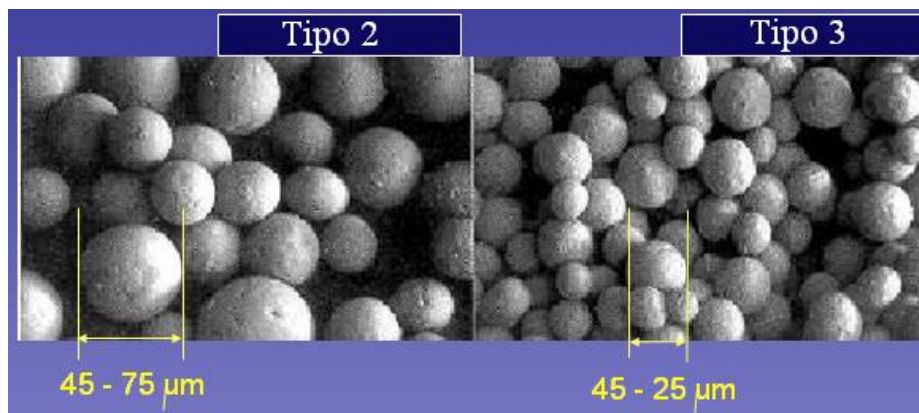


Figura 4.10: Imagem ampliada dos tipos de pasta de solda 2 e 3

O tipo de solda utilizado deverá ser escolhido conforme as dimensões das aberturas por onde esta terá que passar para ser depositada num PCB e o tamanho dos componentes. Existem bastantes regras que devem ser seguidas para que a probabilidade de uma boa deposição de pasta esteja dentro dos níveis de confiança desejados. Apenas a título de curiosidade, pode ver-se na Figura 4.11 uma dessas regras.

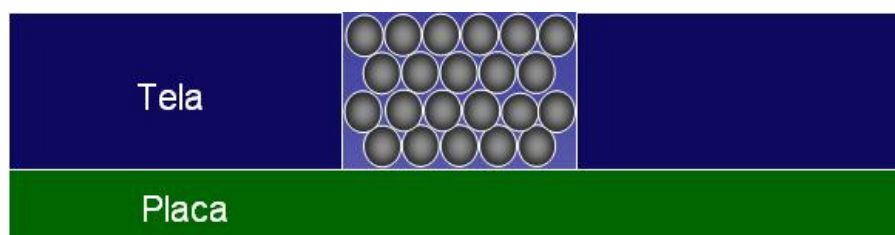


Figura 4.11: Regra básica para o número mínimo de bolas de solda a depositar num PCB

Esta regra básica recomenda que a abertura mínima deve permitir que se consigam colocar pelo menos 5 bolas de solda lado a lado. Se, por exemplo, se estiver a falar de uma pasta tipo 3, que tem bolas de solda com 40 $\mu$ m, o comprimento mínimo da abertura deverá ser de 200 $\mu$ m. Se por acaso houver um componente que precise de



uma abertura menor que 200 $\mu$ m, isso significa que será necessário alterar um outro parâmetro da tela, tal como a espessura, ou então o tipo de pasta, já que deixará de respeitar esta regra básica das 5 bolas de solda.

Para que a solda tenha um comportamento de acordo com o especificado pelo fornecedor, quer em termos de viscosidade, quer de posterior qualidade da soldadura, assim que chega à empresa é guardada a uma temperatura inferior a 8°C. Antes de ser aplicada tem que ser deixada à temperatura ambiente durante 8 horas, afim de readquirir as propriedades. A temperatura ambiente dentro da empresa deverá estar sempre entre os 24°C e os 28°C, caso contrário, mais uma vez, o comportamento não será o desejado. A Figura 4.12 demonstra o efeito da temperatura na viscosidade da pasta de solda.

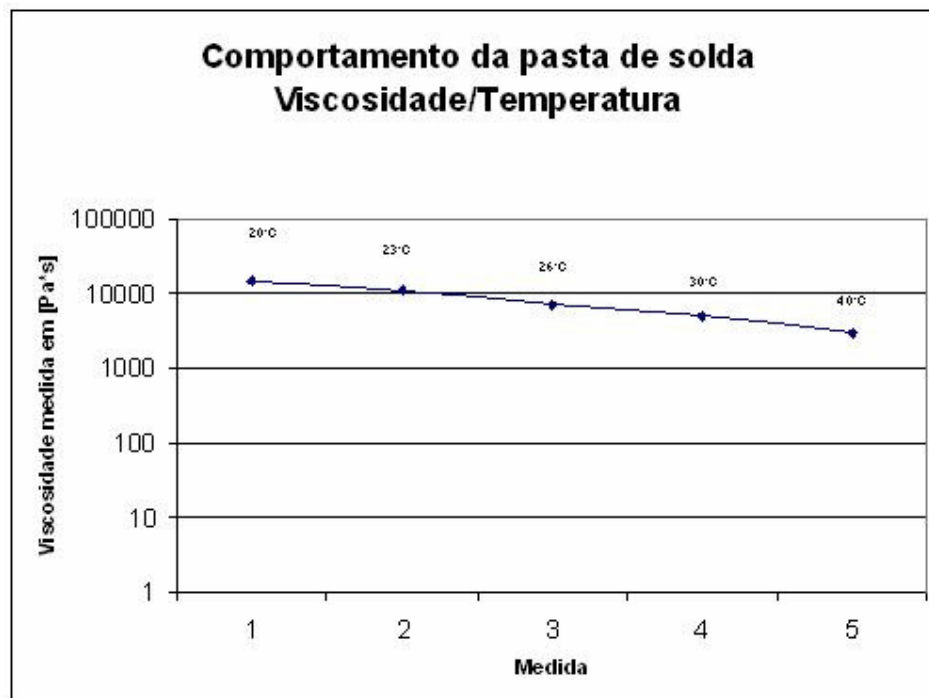


Figura 4.12: Viscosidade versus temperatura da pasta de solda

A duplicação da temperatura provoca a diminuição da viscosidade num factor de 5.

## PCB

A placa de circuito impresso, PCB (Figura 4.13), é o componente responsável por fazer a ligação eléctrica entre os diversos componentes do auto-rádio.

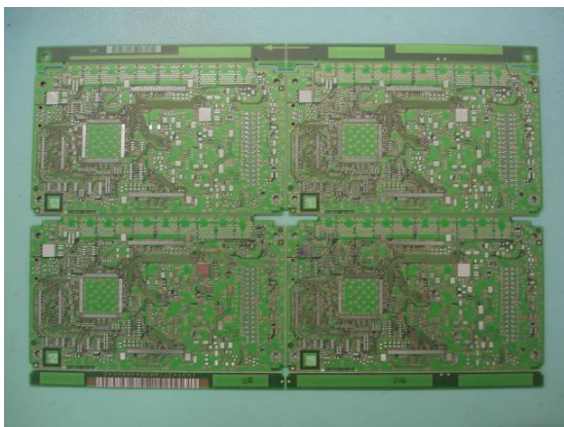


Figura 4.13: PCB

Na placa existem zonas, chamadas *pads* (Figura 4.14), onde se deposita a solda e posteriormente se colocam os componentes, por forma a que os terminais dos mesmos fiquem em cima dos *pads*.

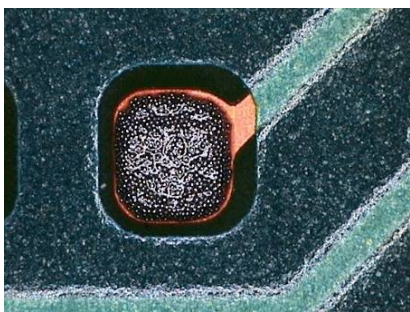


Figura 4.14: *Pad* com pasta de solda depositada

Estes componentes, devido ao tipo de processo de soldadura, chamam-se SMD, uma vez que são colocados na superfície do PCB, ao contrário dos tradicionais onde os terminais atravessam a placa e são soldados pela parte de baixo da placa.

Quando a complexidade do rádio aumenta, e consequentemente o número de componentes é muito elevado, utilizam-se PCBs com várias camadas.

Existem várias formas de terminar a última camada, a superfície, de um PCB, e isso pode ser um factor importante na qualidade da soldadura dos componentes. Os principais tipos são; imersão de prata (*Immersion Silver – Iag*), (*Electroless Ni/Imm*

*Au – ENIG*), solda com revestimentos orgânicos (*FR2; Organic Surface Protection – OSP*), imersão de estanho (*Immersion Tin – Isn*), *FR4* sem chumbo (*Hot Air Solder Leveling – HASL/No lead*) e *FR4* com chumbo (*Hot Air Solder Leveling – HASL/Tin/lead*). Os tipos mais usados são o *HASL* e *OSP*.

Um ponto relacionado com os PCB, e que aparecerá no SIPOC, são as etiquetas de código de barras colocadas em cada um dos PCBs. Esta é a forma de cada rádio ter uma identidade própria e única, podendo com isso ser seguido todo o seu histórico na fábrica. Uma das duas formas de colocar a etiqueta de código de barras, e que é apenas utilizada nos produtos menos recentes, é colando-a manualmente. A outra forma, que é utilizada em todos os novos produtos, é efectuar a gravação a laser (Figura 5.4). No caso do produto em análise nesta dissertação, utiliza-se uma etiqueta de papel, colocada conforme se pode ver na Figura 4.15. Esta etiqueta é um factor a ter em conta na dissertação, pois tem uma espessura (100µm) que, quando comparada com a espessura da tela (150µm), pode ter um peso relevante na deposição da pasta de solda, apesar de estar posicionada num dos extremos da placa.

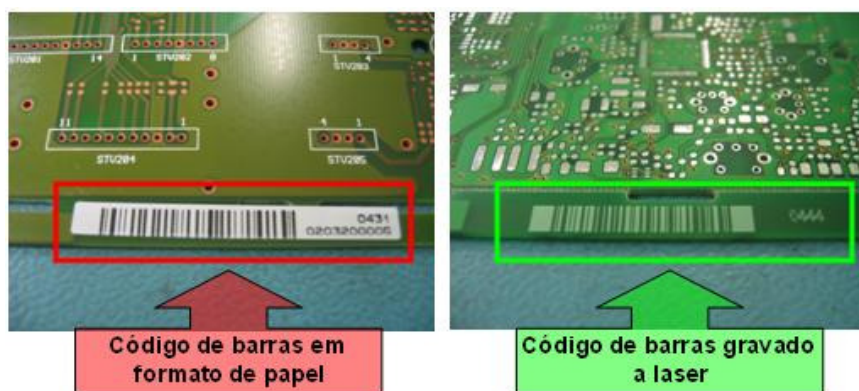


Figura 4.15: Etiqueta de papel versus gravação a laser

### **❶ Componentes (SMDs)**

Existem no mercado milhares de tipos de componentes, vulgarmente chamados de chips, o que torna praticamente impossível a tarefa de os referir todos, por isso serão apenas focados os tipos mais usuais, pois mesmo dentro da mesma gama, existem ainda dezenas de variantes.

Na Figura 4.16 (<http://www.topline.tv/Products.cfm>) pode ver-se alguns dos tipos de SMDs mais utilizados.



Figura 4.16: Alguns tipos de SMDs vulgarmente utilizados no processo de soldadura *reflow*

Cada um dos tipos de SMDs referidos implica a deposição de tantos pontos de solda quantos terminais o componente tiver.

Dentro do tipo “componentes passivos”, que normalmente são resistências, condensadores, bobines, etc, podem encontrar-se diferentes tamanhos standard, conforme Tabela 4.1.

Designação Standard	Dimensão (mm)
1005	0,4 x 0,2
0201	0,6 x 0,3
0402	1 x 0,5
0603	1,6 x 0,8
0805	2,0 x 1,25
1206	3,2 x 1,6
1812	4,6 x 3,0
2512	6,3 x 3,0

Tabela 4.1: Designação standard consoante dimensão do SMD

O tamanho standard mais pequeno actualmente utilizado na Delphi-Grundig é o “0402”.

## ❶ Estufa

A estufa facilita a ligação física e química entre os componentes (SMDs) e o PCB, fazendo com que a solda passe do estado pastoso para o estado sólido.

Todo o processo de soldadura dentro da estufa é bastante sensível ao tipo e marca da solda, tamanho e constituição metálica dos SMDs e tipo de material que é constituído o PCB. Tendo em conta os factores referidos, e ainda aqueles que os respectivos fornecedores recomendam em termos de especificações, é necessário fazer um perfil de temperatura adequado para que se dê uma união química e metálica o mais perfeita possível, conforme as normas internacionais IPC-A-610 exigem.

Na Figura 4.17 mostra-se um exemplo de um perfil de temperatura.

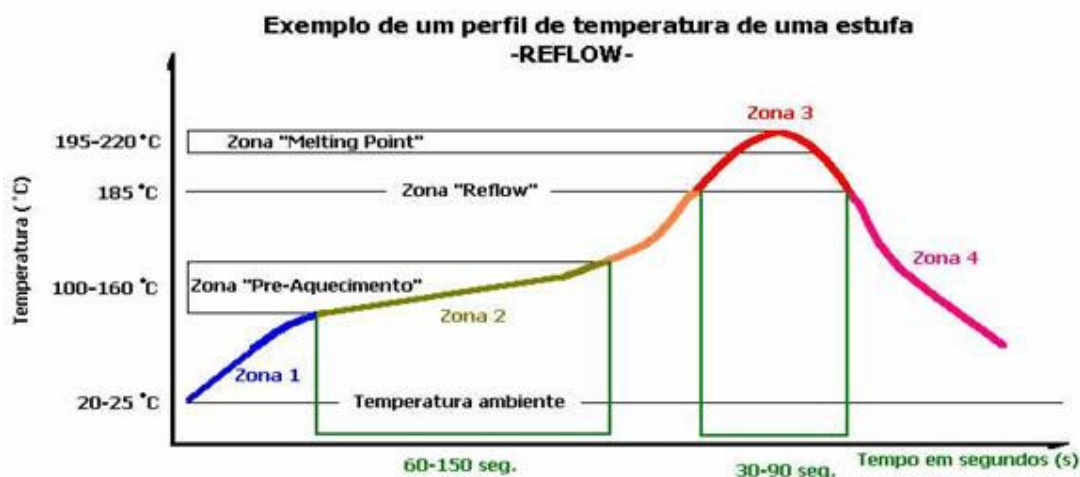


Figura 4.17: Exemplo de um perfil de temperatura do processo *reflow*

Neste exemplo a estufa tem apenas 4 zonas de soldadura. A zona 1 é onde se dá o pré-aquecimento, por forma a minimizar o choque térmico nos SMDs, principalmente nas resistências cerâmicas.

A zona 2 é responsável por uniformizar a temperatura no PCB e por activar o fluxo que compõe a pasta de solda. A inclinação desta curva deve ser bastante baixa, levando a temperatura quase até ao início do ponto de fusão (normalmente 183°C).

Na zona 3, chamada de “*reflow*”, é onde a estufa atinge o valor térmico mais elevado, normalmente entre 215°C e 230°C, fazendo com que a solda fique no

estado líquido.

A zona 4 não é mais do que o arrefecimento gradual da placa.

Apesar de parecer um processo bastante simples, caso não esteja ajustado na perfeição, pode ser uma enorme causa de defeitos. Se, por exemplo, a zona de pré-aquecimento, para um determinado tipo de solda, estiver com demasiada inclinação, isso provocará o aparecimento de bolas de solda espalhadas no PCB. A zona de “*reflow*” também não pode ser baixa, pois corre-se o risco de a temperatura não ser suficiente para soldar os componentes maiores, nem tão pouco alta, senão os componentes mais pequenos podem ficar danificados.

Na Figura 4.18 podem ver-se alguns exemplos do que se consideram boas e más soldaduras.

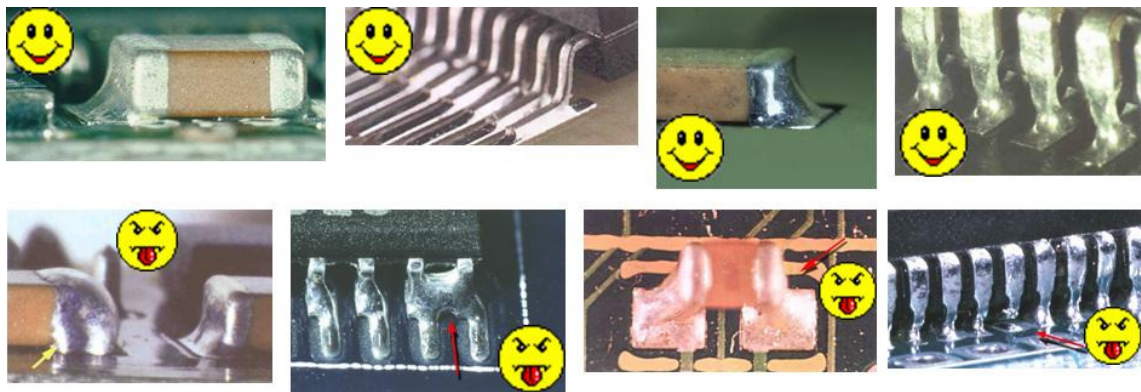


Figura 4.18: Exemplos de boas e más soldaduras  
(Fonte: Manual de formação IPC-A-610)

Para se ter uma noção da complexidade deste processo, pode acrescentar-se que as estufas mais modernas podem chegar a ter 12 zonas, em vez das referidas 4.

Por ser um passo crítico no processo de soldadura *reflow*, começam a surgir recomendações frequentes para que se façam verificações periódicas cada vez mais curtas, nos casos mais críticos a cada mudança de produto, o que pode significar dezenas de verificações por dia. Essa verificação é feita utilizando um PCB exactamente igual ao que se pretende produzir, mas o qual comporta vários *transponders*, colocados em sítios estratégicos da placa, afim de obter uma amostra o mais próximo possível do que acontece na placa durante a soldadura.

## 4.5 – Descrição do processo de deposição da pasta de solda

A máquina de colocação de pasta de solda (*printer*), é um sistema semi-automático, capaz de depositar a solda no PCB de forma controlada, tanto em termos de quantidade como de posição. Existem dezenas de factores que podem influenciar a qualidade da deposição da pasta de solda, mas por experiência adquirida e transferência de conhecimentos entre fábricas, julga-se que os factores que têm mais influência são:

- ✂ - velocidade da impressão (parâmetro da *printer*)
- ✂ - pressão da impressão (parâmetro da *printer*)
- ✂ - frequência de limpeza da tela (parâmetro da *printer*)
- ✂ - estado do *proflow* (cabeça da *printer*)
- ✂ - tela (ferramenta exterior à máquina)
- ✂ - ferramenta de suporte do PCB na *printer* (exterior à máquina)

As diferentes ferramentas exteriores à máquina (não fazem parte da estrutura da máquina, mas sem as quais ela não trabalha convenientemente) alteram-se conforme o tipo de produto. Serão abordadas as duas principais ferramentas, ou seja, a tela (*stencil*) e a ferramenta que possibilita o suporte do PCB dentro da máquina.

### **Tela**

A tela é uma das peças externas ao processo e que é mudada conforme o tipo de placa a ser produzida. É uma máscara dos sítios do PCB onde se pretende depositar pasta de solda. Se se perfurar uma chapa de inox, que tenha uma espessura desejada, utilizando por exemplo um laser por forma a se obter buracos com dimensões iguais às que existem na placa, tem-se uma tela (Figura 4.19).



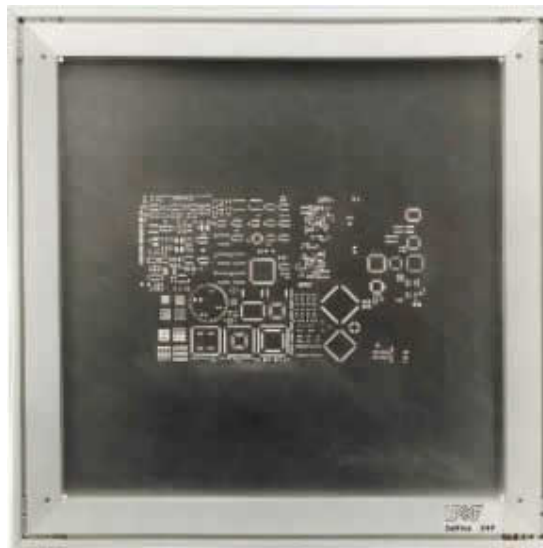


Figura 4.19: Tela

A função da tela é permitir que seja possível depositar no PCB a quantidade certa de pasta de solda no sítio desejado. Tendo em consideração a espessura da tela e as dimensões da abertura, pode calcular-se a área, volume e altura da pasta de solda esperados ou teóricos. O desvio em “X” e “Y” deve ser também um parâmetro a considerar, pois apenas faz sentido ter o volume, área e altura certos se estiverem no sítio desejado.

Existem basicamente três formas de fazer uma tela. A primeira é utilizando o corte a laser, sobre uma chapa de inox. É a mais comum, pois é a que apresenta a melhor relação preço/qualidade, embora as paredes do corte possam ficar ligeiramente rugosas, caso não sejam posteriormente trabalhadas, e a abertura no topo ser ligeiramente maior que na parte de baixo, existindo um ângulo de cerca de  $10^\circ$ . Este facto deve ser levado em conta quando se calcula a dimensão das aberturas. São de fabrico relativamente rápido e permitem ter numa mesma tela espessuras diferentes, caso se pretenda aplicar por exemplo  $100\mu\text{m}$  numa parte do PCB e  $200\mu\text{m}$  na restante.

A segunda forma é utilizando a tecnologia *electroforming*, a qual apresenta o corte com o ângulo mais próximo dos  $90^\circ$ , o que quer dizer que a abertura em cima é praticamente igual na parte de baixo. As paredes da abertura ficam bastante lisas, possibilitando uma taxa de transferência de pasta de solda superior aos outros dois tipos. O preço é a sua maior desvantagem.

A terceira e última forma é a gravação química, também numa chapa de inox. É



pouco utilizada neste tipo de processo de soldadura, pois tem limitações quando se pretendem aberturas menores que 0,2mm. A sua maior vantagem é o baixo custo. Existem ainda as telas híbridas, que são uma mistura de dois dos três tipos referidos. São utilizadas apenas para situações muito particulares e dada a evolução tecnológica do laser, possibilitando que se faça quase todo o tipo de corte, estão em uso decrescente.

Além das características inerentes ao tipo de tela, existem ainda mais factores que podem influenciar a qualidade da deposição da pasta de solda, nomeadamente a elasticidade do material que compõe todo o suporte da tela, a perfeição com que ficam as paredes da abertura e o estado da mesma depois de várias utilizações. Como estes factores estão dentro do âmbito dos requisitos que a Delphi-Grundig exige ao fornecedor das telas, não serão tidos em conta na análise efectuada na dissertação.

A tela representa um dos factores preponderantes na qualidade de uma soldadura e, é ela quem define a quantidade de pasta de solda, embora existam outros factores também com importante contribuição neste processo, nomeadamente a ferramenta de suporte do PCB dentro da *printer* e os parâmetros da mesma.

### **❶ Ferramenta de suporte do PCB dentro da máquina**

Existem várias técnicas para suportar o PCB dentro da máquina por forma a facilitar o encosto total deste com a tela. Dada a relativa maleabilidade da placa e a força a que esta fica sujeita durante o processo de deposição de pasta, é necessário ter uma ferramenta dedicada para sustentar a placa e permitir que não exista nenhum tipo de empeno, o qual alteraria a quantidade de pasta depositada.

A ferramenta mais comum e de baixo custo é constituída por simples pinos metálicos, usualmente magnéticos, que se fixam dentro da máquina para suportar o PCB, conforme Figura 4.20.

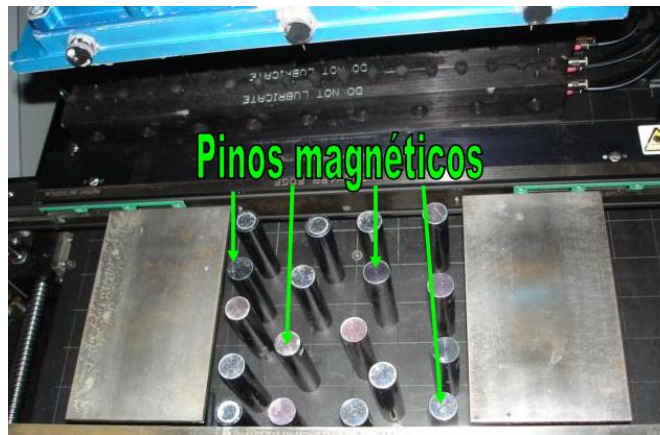


Figura 4.20: Ferramenta de suporte do PCB tipo “pinos magnéticos”

Esta ferramenta tem a desvantagem de obrigar a cuidados especiais quando o PCB já tem componentes soldados na parte de baixo da placa.

A vantagem é que este tipo de ferramenta possibilita um suporte bastante equilibrado e consistente por toda a superfície da placa.

É também possível fazer bases com pinos fixos, semelhantes aos magnéticos, mas onde todos estejam ligados a uma mesma base. Neste tipo de configuração pode optar-se por fazer um tipo de base diferente para cada tipo de PCB, que é uma boa solução em termos de suporte, mas apresenta sempre a desvantagem de estar dependente da intervenção humana quando se trata de mudar o tipo de produto e consequentemente a base de pinos.

Se se pretender uma solução mais flexível, mas ainda assim muito eficaz, deve optar-se pelo suporte chamado “Grid-Lok” (Figura 4.21).

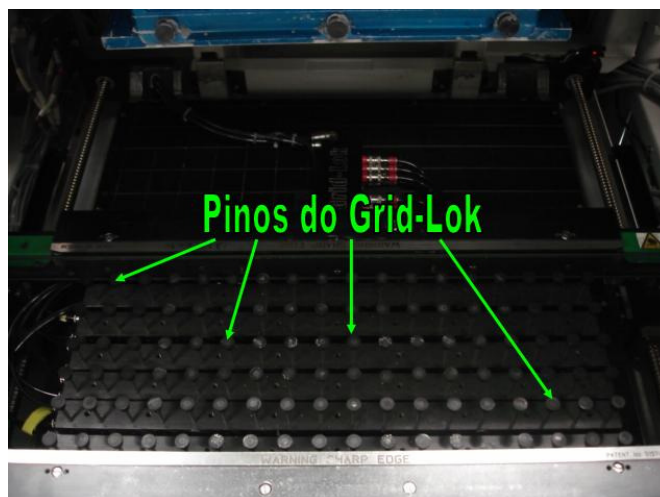


Figura 4.21: Ferramenta de suporte do PCB tipo “Grid-Lok”

Neste tipo de ferramenta os pinos estão equipados com sensores e moldam-se à superfície da placa. Este tipo de suporte é mais dispendioso que os anteriores. Seja qual for o tipo de suporte, o importante é ter uma ferramenta que minimize o impacto do empeno da placa durante a impressão de pasta de solda.

### **❶ Máquina de deposição de pasta de solda**

A máquina de deposição de pasta de solda está ligada a um procedimento bastante crítico e sensível, onde existem factores que influenciam a qualidade da deposição da pasta de solda. A Figura 4.22 mostra um exemplo de uma dessas máquinas de deposição de pasta de solda.



Figura 4.22: Máquina de deposição de pasta de solda

A pasta de solda é colocada na máquina dentro de uma câmara chamada *proflow* (Figura 4.23). Este reservatório de pasta de solda é abastecido cerca de uma vez por turno (a *printer*, de qualquer forma, tem um sensor que avisa sempre que a quantidade de pasta no *proflow* está abaixo de um limite mínimo).

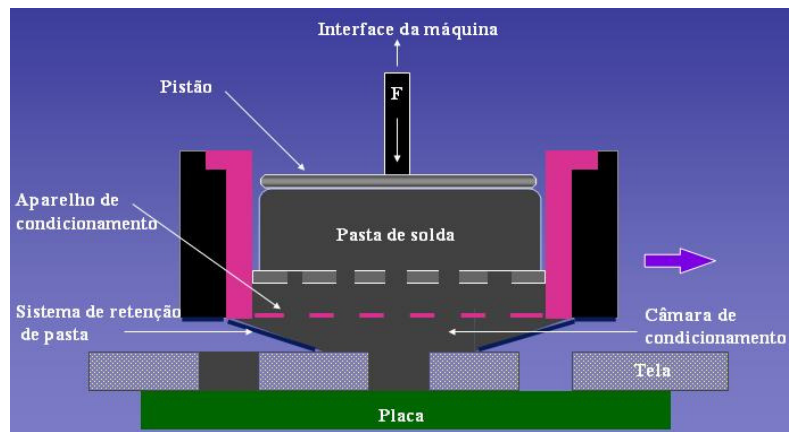


Figura 4.23: Princípio de funcionamento do *proflow*  
(Fonte: Manual formação DEK “*Process in Control*”)

Presume-se que a quantidade de pasta de solda existente dentro do *proflow* não deverá ter influência significativa na deposição, mas é um factor que poderá ser alvo de um estudo posterior.

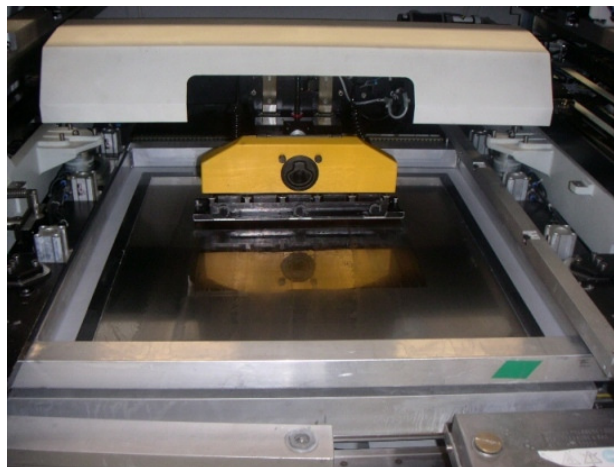


Figura 4.24: Imagem real do *proflow* em funcionamento.

O *proflow* é menos utilizado que os *squeegee*s (Figura 4.25) neste tipo de indústria, principalmente por ser mais dispendioso. Os *squeegee*s não são mais do que espátulas ligadas a um veio, por forma a espalharem a pasta de solda em cima da tela, fazendo com que esta atravesse a tela nos locais onde existem furos. O princípio de funcionamento é o mesmo para os dois sistemas, a única diferença reside no facto de o *proflow*, durante o processo de deposição, manter a pasta dentro de um depósito, enquanto que com *squeegee* a pasta é simplesmente depositada em cima da tela.

Os *squeegee*s não são utilizados na Delphi-Grundig, mas como a grande maioria das empresas do grupo o utiliza, pode vir a ser uma área de estudo muito interessante.

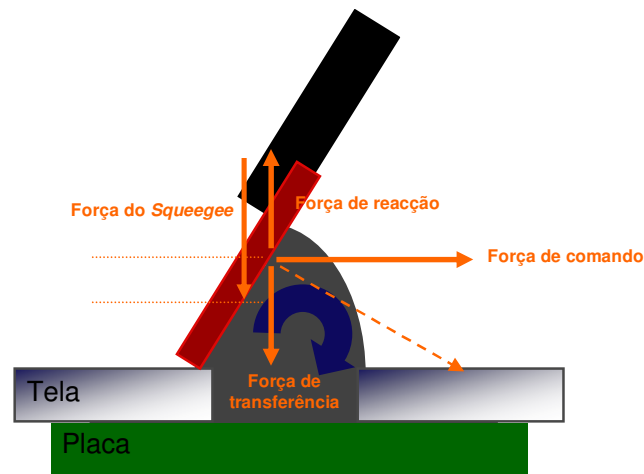


Figura 4.25: Princípio de funcionamento do *squeegee*

A vantagem da utilização do *proflow* em termos de limpeza é bastante evidente, já que no caso da utilização de *squeegees* a solda tem que ser espalhada primeiro manualmente em cima da tela, ficando sempre exposta durante o processo de deposição.

A tela é colocada entre o PCB, o qual fica na base do processo, e o *proflow*. Pressionando a pasta de solda usando um pistão e fazendo movimento de trás para a frente e vice-versa, a pasta atravessa a tela e deposita-se na placa. A distância entre a tela e o PCB deve ser idealmente zero para que a altura de pasta depositada seja, numa situação perfeita, igual à espessura da tela.

A relação entre a pressão aplicada e a velocidade com que o *proflow* se desloca afecta a qualidade e quantidade da deposição da pasta de solda. Existem dois tipos diferentes de pressão dentro da máquina, sendo que a primeira é aquela já referida, a que um pistão exerce sobre a pasta de solda e a outra é a pressão que o *proflow* exerce sobre a tela.

Durante o normal funcionamento da máquina, a pressão do *proflow* sobre a tela não deve ser ajustado, daí que daqui para a frente, sempre que se falar em pressão, subentende-se que é a pressão do pistão sobre a pasta de solda.

A pressão pode ser ajustada desde 0Kg até 20Kg, enquanto que a velocidade pode variar desde 2mm/s até 150mm/s. Como existem dois movimentos independentes, um para trás e outro para a frente, são aproveitados normalmente para colocar pasta

em duas placas, uma para cada movimento parcial. A velocidade pode ser ajustada independentemente para cada um dos movimentos. Existem valores de pressão e velocidade recomendados pelo fornecedor da máquina, mas existem factores que os condicionam, tais como a pasta de solda, o tipo de tela, a quantidade de pasta que está dentro do proflow, etc.

Pode considerar-se a velocidade e a pressão como os dois principais factores que se podem ajustar na máquina DEK, mas existem outros que também influenciam a qualidade da deposição da pasta de solda.

A velocidade com que o PCB se separa da tela depois de uma printagem (*separation speed*), pode afectar a solidez da pasta de solda deixada na placa, consoante esta esteja mais ou menos pastosa. Quando a pasta de solda é quimicamente mais avançada, ou seja, tem uma constituição bastante evoluída, devem utilizar-se velocidades altas, entre 10 e 20mm/s. Quando se trata de uma pasta de solda menos desenvolvida e mais sensível a variações, devem utilizar-se velocidades de separação entre 1 e 10mm/s. Se por exemplo se utilizar uma velocidade alta com uma pasta menos desenvolvida, pode acontecer o efeito vulgarmente chamado de “orelhas de cão”, como ilustra a Figura 4.26.



Figura 4.26: Exemplo do defeito conhecido como “orelhas de cão”

Outro factor que pode afectar o resultado é o sistema de limpeza automático que a máquina tem. Este sistema de limpeza para a tela, com o propósito de retirar quaisquer restos de pasta que se alojem nos orifícios, é executado a cada ciclo programado de placas impressas. Esta limpeza tem três fases, as quais podem ser previamente programadas. Normalmente a limpeza começa por molhar a tela com um líquido próprio, para em seguida se efectuar uma passagem com um papel seco

e finalmente utilizar um aspirador para uma última passagem em vácuo. A sequência de limpeza pode, mais uma vez, afectar a deposição da pasta de solda, embora a programação do número de placas que cada ciclo deve ter é o factor mais importante. Utilizando uma frequência de limpeza de 50 placas, significa que apenas no final de 50 passagens é que a máquina irá proceder à limpeza da tela, o que no caso de aberturas da tela demasiado pequenas pode ser crítico, já que os furos podem entupir, não deixando a solda ser depositada e levando a um inevitável defeito na soldadura (falta de pasta). Se a frequência de limpeza for demasiado alta, por exemplo de 5 em 5 placas, pode-se estar a comprometer o tempo de ciclo da linha, já que a limpeza demora cerca de 15s. Além disso, frequência de limpeza muito alta, quando desnecessária, significa desperdício de líquido e papel.

#### **4.6 – Descrição do processo de inspecção da pasta de solda**

No processo de inspecção de pasta de solda estão definidos limites para cada um dos parâmetros que a máquina avalia, e cada vez que um deles é ultrapassado, ela pára até que um operador retire a placa. Sempre que é detectado um defeito na deposição da pasta de solda, a placa é enviada para a reciclagem, já que não pode ser reparada ou reaproveitada. A este procedimento está ligado um custo elevado que deverá ser controlado, daí que se pretenda neste projecto utilizar a máquina SPI para o eliminar numa primeira fase e posteriormente controlar e reduzir a variação do processo de deposição de pasta de solda.

O aparelho utilizado para efectuar a inspecção da deposição da pasta é capaz de efectuar inspecção em modo 2D e 3D. Quando trabalha no modo 3D, efectua medidas em termos de área, volume, altura e desvios em “X” e em “Y”. No modo 2D apenas efectua medidas de área e desvios em “X” e “Y”.

Como a maioria dos componentes utilizados nos *PCBs* são *SMDs* do tipo “0402”, “0603”, “0805” e “1206”, o que significa que se se garantir que a área de pasta de solda e o desvio em “X” e em “Y” estão dentro dos limites definidos, a probabilidade de se obter uma boa soldadura é muito elevada (este facto pode ser comprovado experimentalmente), logo utiliza-se normalmente o modo “2D”. Já no caso de *ICs*, ou peças mais complexas, é sempre importante efectuar também medidas da altura e

volume.

O funcionamento do equipamento, baseia-se no princípio da triangulação. Na triangulação óptica clássica, a informação sobre a altura de um determinado objecto é obtida através da sua iluminação com uma estrutura padronizada (usualmente um ponto, uma linha ou uma rede), observando-se depois a imagem de uma direcção diferente (com um ângulo fixo entre a direcção da iluminação e o eixo central do sistema de imagem). As variações na altura da amostra causam desvios laterais da imagem do ponto *Gaussian* correspondente. Uma vez que a geometria base deste processo é conhecida, a altura pode ser calculada de forma directa.

Além disso, dependendo do ângulo da triangulação, uma determinada área da amostra directamente adjacente a bordas íngremes torna-se invisível para a inspecção. Mais especificamente, com um eixo óptico vertical do sistema de imagem, a inclinação da estrutura do objecto não pode exceder o ângulo do feixe de luz incidente. À medida que a sensibilidade da instalação aumenta com o aumento do ângulo de triangulação, este problema agrava-se para resoluções maiores.

A solução encontrada pelo fabricante para o problema referido está demonstrado na Figura 4.27 (desenvolvida pelo Sr. Christian Faber colaborador da Viscom).

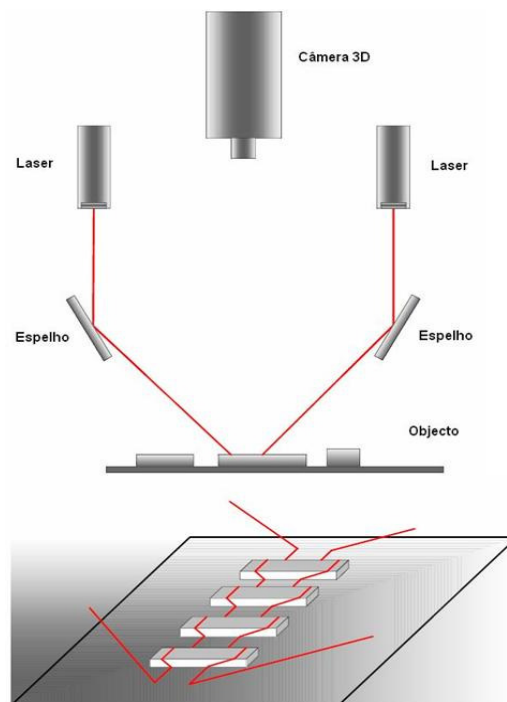


Figura 4.27: Diagrama de blocos do sistema de inspecção Viscom  
(Fonte: Viscom)



A cabeça completa do sensor apresentada nesta figura move-se ao longo do objecto de forma a efectuar um varrimento contínuo (da esquerda para a direita).

Para a imagem final, tanto as linhas dos sinais dos dois lasers como um sinal chamado “marca”, contendo informação acerca da localização lateral na direcção do varrimento, são levados em consideração.

Todas as considerações referidas, ficam seriamente comprometidas se o PCB com pasta de solda a ser medido estiver com empeno, como exemplifica a Figura 4.27.

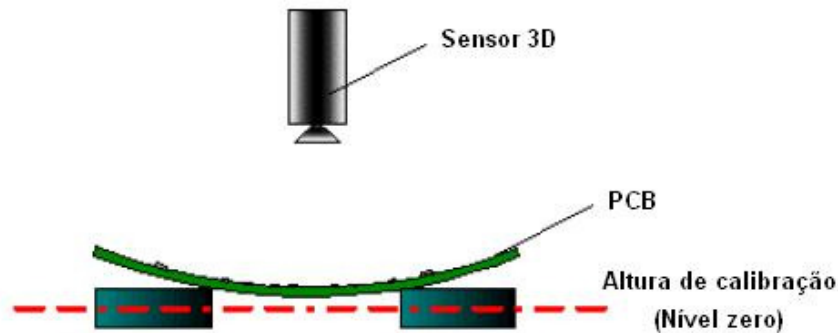


Figura 4.27: PCB com empeno durante a inspeção  
(Fonte: Viscom)

Dado que o laser tem uma referência fixa, desde que se efectua a calibração, é fácil de aquilatar que caso o empeno do PCB seja tal que não possa ser compensado através do software de medida da máquina, os erros poderão ser uma realidade e até, num caso extremo, o teste pode ser abortado, pois a máquina só aceita um determinado número máximo de defeitos por PCB.

Este empeno é mais crítico quando o PCB tem o que vulgarmente se chama “*Duplo\_reflow*”, que, tal como o nome indicia, significa fazer o processo *reflow* duas vezes na mesma placa. Este processo apenas é utilizado em placas que tenham componentes SMD dos dois lados. A lógica de funcionamento é exactamente a mesma que o *reflow*, ou seja, soldam-se os componentes de um dos lados, mas a seguir, em vez de terminar o processo, volta-se a colocar a placa no início da linha, voltada para baixo, para sofrer novamente o mesmo tratamento, outra vez o *reflow*. Este procedimento tem um impacto significativo no empeno da placa, já que esta depois de aquecida sofre sempre alterações físicas, que pode influenciar as medidas da pasta de solda.

## CAPÍTULO 5 – Aplicação da metodologia 6-Sigma na melhoria do processo de soldadura *reflow*

Este projecto utiliza a abordagem DMAIC, aplicando muitas das ferramentas que o 6-Sigma proporciona. Cada uma das fases é dissecada por forma a facilitar a compreensão e inerentes vantagens da utilização do 6-Sigma na melhoria do processo de soldadura reflow.

### 5.1 - Definição do projecto

Este projecto surge na sequência da estratégia da empresa em atingir, no final de 2007, o objectivo dos 40 RPPM (máximo de 40 rádios reclamados no cliente em cada 1.000.000) e um FTQ de 4500 PPM na área SMT (no máximo, 4500 placas com defeito por cada 1.000.000 produzidas). As Figuras 5.1 e 5.2 mostram a evolução durante 2006 dos defeitos confirmados na área SMT e no cliente, respectivamente.

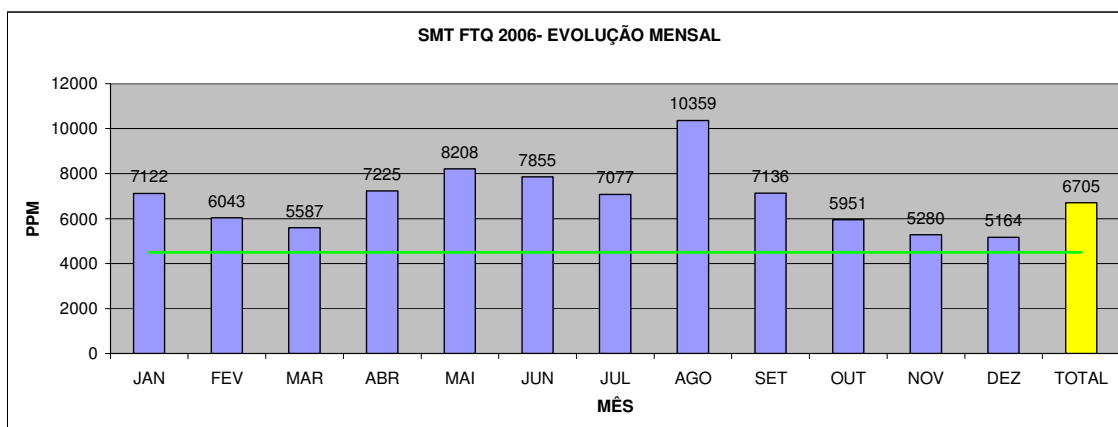


Figura 5.1: Evolução mensal do FTQ na área SMT em 2006

Os defeitos encontrados na área SMT sobre os quais se constróem gráficos de Pareto, são todos provenientes da máquina de inspecção AOI, que é onde se efectuam registos de qualidade. Neste momento, as placas com defeitos encontrados na máquina SPI são enviadas para a recilagem.

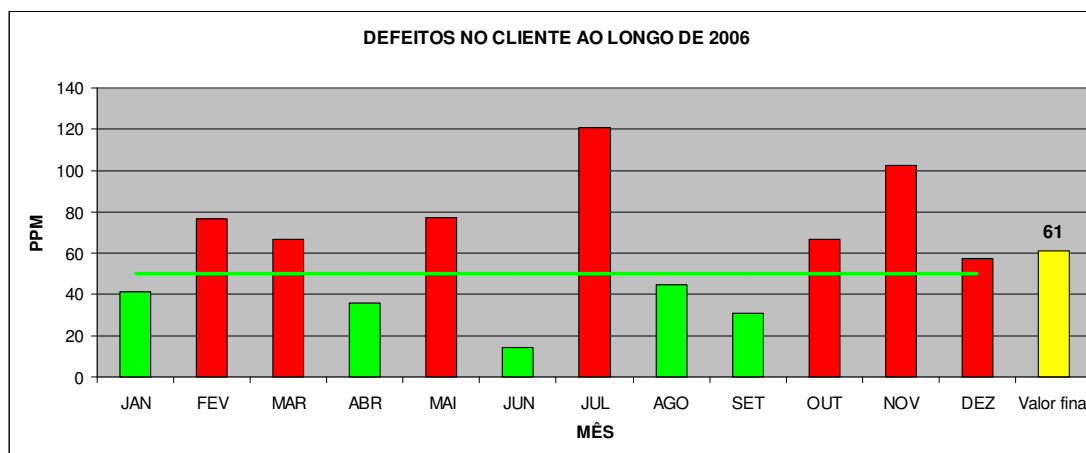


Figura 5.2: Evolução mensal dos defeitos no cliente em 2006

No ano de 2006 o valor médio mensal de defeitos no cliente final foi de 61 PPM, enquanto que o FTQ na área SMT foi 6705 PPM, acima dos objectivos 50 PPM e 4500 PPM, respectivamente.

Este projecto visa diminuir ambos os indicadores, por forma a atingir os objectivos traçados, sendo que apenas 5 PPM dos 61 PPM se encontram relacionados com defeitos de soldadura, nomeadamente com o processo *reflow*. No caso do FTQ na área SMT, conforme se pode constatar na Tabela 5.1, os problemas de soldadura representam 42% do total das não conformidades da área SMT.

O defeito “Curto de solda” é o que mais contribui para o FTQ devendo por isso ser o primeiro a ser “atacado”. A principal causa deste defeito prende-se com uma deposição demasiada de pasta de solda, fazendo com que durante a soldadura dois ou mais terminais fiquem ligados.

Das 9 linhas de montagem de *reflow* existentes na área SMT, o projecto decorre na linha de 5, uma das que já tem máquina SPI e onde se montam os produtos “*PROD 3*” e “*PROD 1*”. Esta linha tem uma capacidade de inserir 68.000 SMD por hora. Isto significa ter um PCB no final da linha a cada 32s (*Cycle Time* para o produto “*PROD 3*”), tendo em conta o número de componentes que a placa tem.

O produto escolhido para análise foi, numa primeira fase o “*PROD 3*”, por ser, dos dois produtos dessa linha, o mais estável, pois já é produzido desde 2006. Numa segunda fase do projecto o produto em análise passa a ser o “*PROD 1*”, como se verá mais adiante.

Dados de FTQ de 2006			
Tipo de defeito	Quantidade	FTQ (PPM)	Contribuição dos defeitos de soldadura para o total dos defeitos da área SMT
<b>Curto de solda</b>	6401	1233	18,4%
Descentrado	6203	1195	
Falta	6002	1156	
<b>Pouca/sem solda</b>	5879	1133	16,9%
Levantado	3117	601	
<b>Sujidade</b>	2176	419	6,3%
Tombstone	1692	326	
Rodado	980	189	
Invertido	952	183	
Oxidado	611	118	
Danificado	394	76	
Defeituoso	133	26	
<b>Resto de solda</b>	110	21	0,3%
<b>Excesso de solda</b>	56	11	0,2%
Desconhecido	40	8	
Pernos oxidados	16	3	
Trocado	16	3	
Com superfluxo	15	3	
Mal montado	13	3	
Alteração	4	1	
<b>Meias soldas</b>	2	0	0,0%
Componentes em excesso no PCB	1	0	0,0%
<b>TOTAL</b>	<b>34813</b>	<b>6707</b>	<b>42,0%</b>

Tabela 5.1: Todos os defeitos, por tipo, na área SMT durante 2006

Ainda antes de se iniciar a análise, criou-se uma equipa de trabalho multidisciplinar, liderada pelo mestrando. Essa equipa engloba o responsável pela área SMT, um representante na equipa *Lean* nessa área, dois representantes do laboratório eléctrico, um ligado à manutenção e o outro ligado à máquina SPI, neste caso o responsável pela execução dos programas de inspecção. A equipa definiu, tendo em conta a estratégia da empresa, que o projecto desse início em Janeiro de 2007 e terminasse pelo menos no final de Setembro do mesmo ano.

É ainda projectada uma estimativa de quanto se pode ganhar em termos de redução do desperdício, o que se traduz numa redução de custos para a empresa. Existem duas fontes de melhoria: a redução das falhas quer em termos de possíveis defeitos no cliente, quer em termos de redução do FTQ; e o refugo, já que todas as placas rejeitadas pela SPI e que tenham defeito na deposição de pasta, vão para a reciclagem.

O SIPOC é então preenchido (Figura 5.3), por forma a definir onde começa e acaba

o projecto, assim como todas as variáveis de entrada e saída, referindo todos os intervenientes nas mesmas.

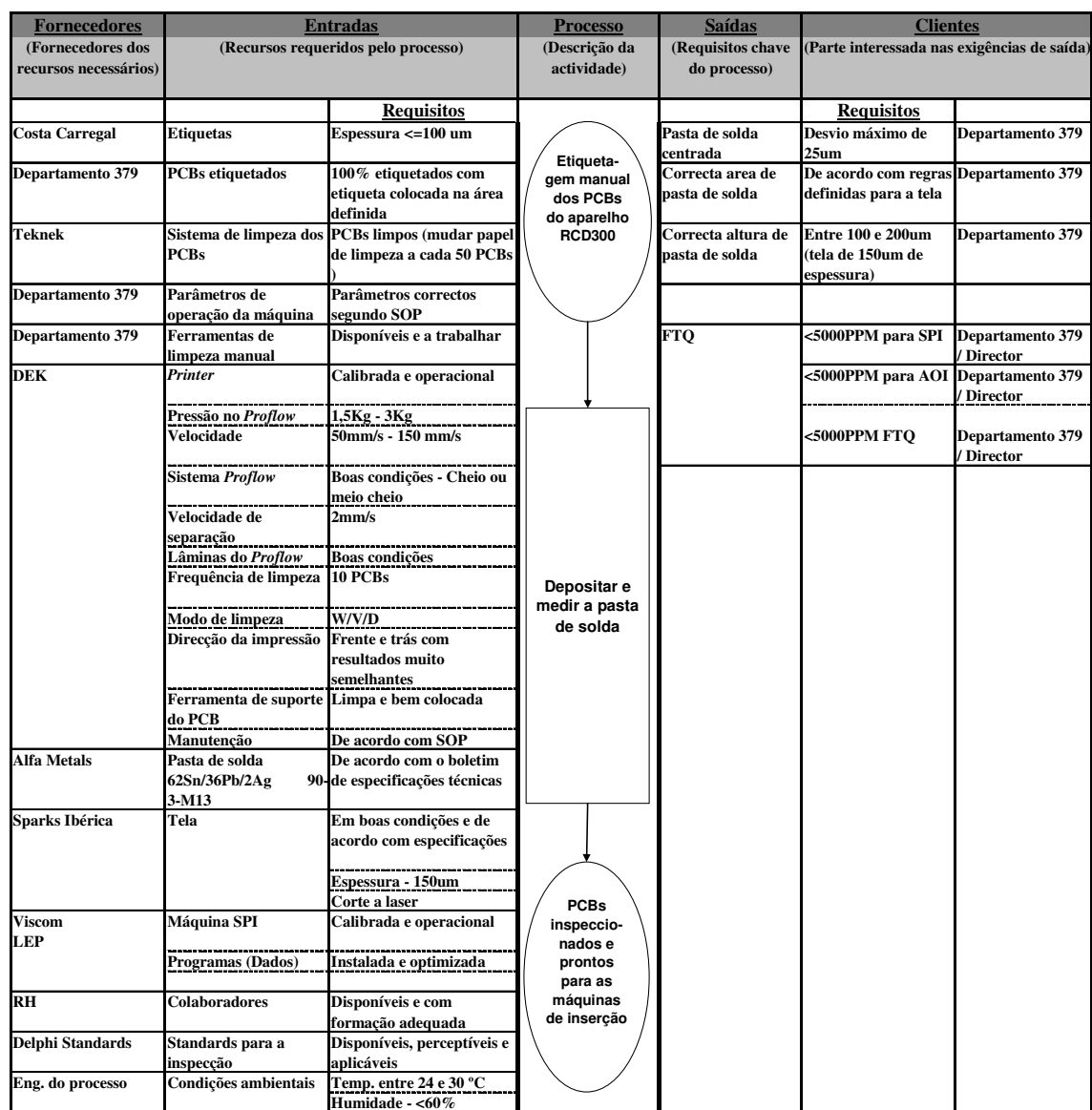


Figura 5.3: SIPOC do projecto

Com o contexto do projecto perfeitamente definido, identificam-se as entradas que podem afectar a performance da “deposição e inspecção da pasta de solda”, e as saídas que se pretendem melhorar. Esta ferramenta permite focar atenções para a parte do processo que provoca variação no processo.

Nesta fase é importante planear de forma estruturada os passos seguintes, utilizando a ferramenta “T-MAP” (Thought Map), no formato mais comum, conforme se mostra na Figura 5.4.

	Perguntas	Entradas / Requisitos	Ferramenta a usar	Resposta esperada ou saída	Resposta ou saída
<b>D</b>	• Qual é o problema?		SIPOC		
	• Conhecemos todas as entradas ?		SIPOC	Sim	
	• Podemos controlar as principais entradas ?		TMAP - <i>Analyze</i>	Não - "Operador"	
	• Qual é a magnitude do problema ?		SIPOC	Grande impacto no FTQ	
	• Todos os colaboradores têm formação adequada ?		Matriz de formação	Sim	
	• Qual é o procedimento se o PCB não tem código de barras ?		I.T.	Nova etiqueta	
	• É a etiqueta de papel um problema ?		Incluir no SIPOC	Sim (espessura=100µm)	
	• O que fazer com os dados da AOI ?		TMAP - <i>Analyze</i>	Cruzar com os dados da SPI	
<b>M</b>	• A equipa conhece o projecto ?	<i>Commitment</i>	Reuniões	Sim	
	• Quais são os potenciais modos de falha?		Ishikawa (F.M.E.A.)	Várias entradas críticas (CTQ)	
	• O suporte para o PCB é adequado?		I.T.	Sim	
	• A frequência de limpeza do <i>proflow</i> é a mais adequada?		Ver <i>report</i> diário	Sim	
	• A frequência da manutenção preventiva é a mais adequada?	<i>Printer</i> and SPI	Fornecedor versus procedimentos de manutenção	SPI=Sim DEK=Sim	
	• O <i>proflow</i> cheio comporta-se da mesma forma que o quase vazio?		<i>P-Charts</i>	Não...???	
	• A calibração da mesa da <i>printer</i> tem muita influência na qualidade da impressão ?		<i>P-Charts</i>	Sim	
	• O processo está controlado?		<i>P-Charts</i>	Não...	
	• Quais as áreas em que nos devemos focar?			Printer, SPI e processo de limpeza	
	• É a SPI capaz de distinguir um produto bom de um mau ?	Area, altura, volume e desvio em X e Y.	MSE	Sim	
	• Faz sentido medir um PCB sem pasta de solda ?		<i>P-Charts</i>	Sim	
<b>A</b>	• A espessura do PCB tem influência na deposição da pasta de solda?		DOE	Não ( ver projecto GB "Improve Reflow Process")	
	• Quais os parâmetros que têm mais influência na qualidade da deposição da pasta de solda ?		DOE	Velocidade, Pressão, Suporte do PCB e Frequência de limpeza da tela.	
	• Conseguimos provar as relações existentes entre velocidade, pressão, temperatura e processo de limpeza ?		DOE - Anova	Sim	
	• Podemos obter formulas dessas relações ?		Regressão	Sim	
	• O que devemos fazer com os dados da AOI ?		Q.I.S	Contactar Viscom sobre possibilidade de implementar comunicação com a SPI	
<b>I</b>	• Precisamos de um checklist preenchido depois de cada manutenção ?		<i>Checklist</i>	Sim	
	• Precisamos de uma verificação diária do perfil da estufa ?		<i>Checklist- Auditoria</i>	Sim	
	• Precisamos de um responsável pela qualidade por equipa ?		Information process flow	Sim	
	• Devemos mudar a direcção do abastecimento de placas à linha (agora está de baixo para cima) ?	Melhorar FTQ - Defeitos relacionados co sujidade	Q.I.S.	Sim	
	• Podemos otimizar o programa de inspecção na SPI sempre que as aberturas da tela são alteradas ?	Ficheiro "Gerber" recebido do fornecedor das telas	E-mail com ficheiro "gerger"	Sim	
	• O plano de controlo está actualizado ?				
<b>C</b>	• Os resultados obtidos correspondem ao esperado ?				

Figura 5.4: T-MAP do projecto

Trata-se de um documento onde a equipa regista as questões que considera relevantes, endereçando a cada uma delas uma ferramenta que ajudará a encontrar a respectiva resposta. Não é requisito obrigatório que existam respostas para todas as perguntas, pretende-se é estruturar um plano para todo o projecto, o qual sendo dinâmico, é actualizado sempre que necessário.

Com o SIPOC e T-MAP definidos, a etapa seguinte é detalhar os passos do

projecto, utilizando o P-MAP (*Process Map – Figura 5.5*).

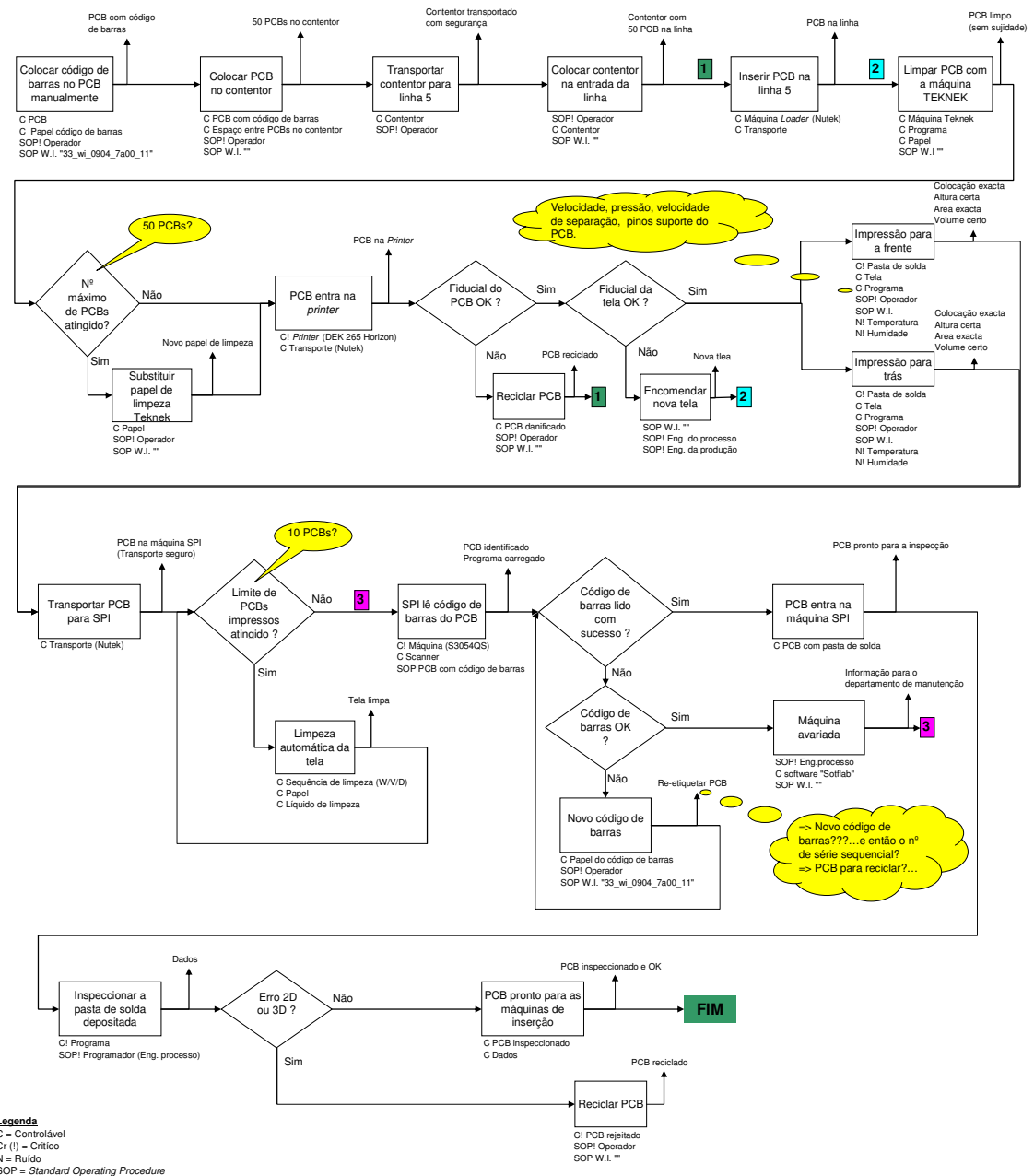


Figura 5.5: P-MAP do processo

A melhor forma de fazer um P-MAP é debelar todas as etapas do processo através de um fluxograma, indicando em cada uma delas quais as entradas e saídas. Cada entrada deverá ser classificada conforme a sua própria natureza, para se perceber de que forma pode influenciar o processo: podem ser consideradas críticas para o processo (*Cr*); apenas ruído, que não podem ser controladas (*N*); controláveis ou

ainda uma operação standard (*SOP*), o que significa que se encontram de acordo com as instruções de trabalho.

Com estas três ferramentas, P-MAP, T-MAP e SIPOC, fica identificada a dimensão e complexidade do processo.

Na definição do projecto pode-se efectuar uma recolha de dados prévio para “ouvir” o processo. Assim, foi efectuada uma recolha de dados, medindo a área, desvio em “X” e “Y”, altura e volume a 120 PCB. A amostra representa cerca de 1h de produção. Dado que a placa tem cerca de 500 componentes e mais de 1500 *pads*, foram escolhidos 5 componentes estrategicamente colocados nos extremos e centro da placa, que foram medidos no modo “2D” (5 componentes com 2 pontos de medida cada, que dá um total de 10 pontos de medida por PCB) e um outro medido no modo “3D” (um circuito integrado, com 12 pontos de medida, que dá um total de 12 pontos de medida por PCB).

A análise é realizada utilizando os gráficos de controlo “*XBAR-R Chart*” do software “Minitab”, para que as medidas sejam analisadas por sub-grupo de PCB. A Figura 5.6 mostra os resultados para a medida “3D” da altura. Todas as outras medidas efectuadas encontram-se no Anexo I.

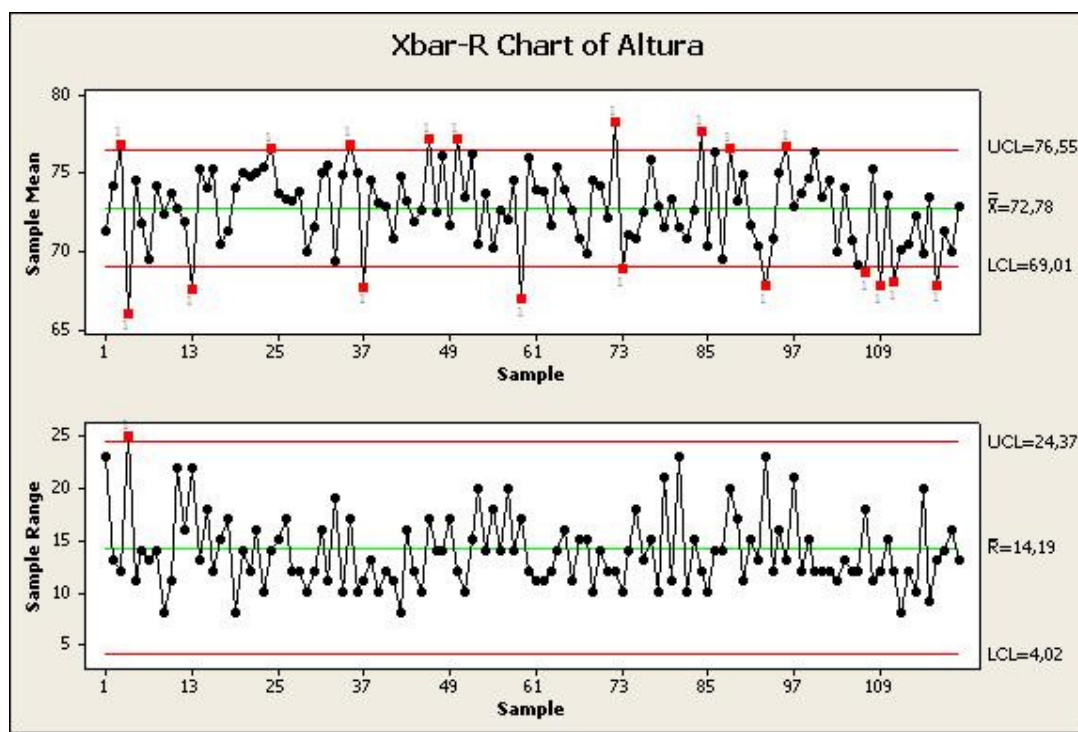


Figura 5.6: Análise “*XBAR-R Chart*” para a área em modo “2D”



Nos gráficos “*Sample Mean*”, cada ponto representa a média, do respectivo parâmetro (área, desvios em “X” e “Y”, volume ou altura), para cada um dos PCBs, ou seja, representa a média das medidas nos 10 pontos de cada PCB para modo “2D” e a média das 12 medidas de cada PCB para o modo “3D”.

O gráfico “*Sample Range*” mostra, para as mesmas variáveis, o maior desvio dentro do mesmo sub-grupo, ou seja, representa a maior diferença entre as medidas do mesmo PCB.

Analisando o gráfico das médias, conclui-se que para a medida da altura o processo não está controlado, verifica-se que existem pontos fora dos limites.

O gráfico “*Sample Range*”, mostra que não existe variação da altura entre sub-grupos, pois tem um só ponto fora dos limites.

É de salientar que se deveria obter valores médios de altura de pasta perto dos 150µm, que é a espessura da tela, mas obteve-se sensivelmente metade. Este facto encontra-se ainda em análise por parte do fornecedor.

## 5.2 - Avaliação da máquina de inspecção (máquina SPI)

Seguindo na metodologia DMAIC, é necessário saber da capacidade do aparelho de medida das variáveis em análise (área, volume, altura e desvio em “X” e “Y”). O estudo da capacidade, ou MSE, é realizado através dos seguintes passos .

=> **Sampling** - Durante a produção normal, retira-se uma amostra, medida 3 vezes consecutivas, a cada 20 minutos, num dos três turnos, o que significa cerca de 2h00 de amostragens da produção real. Durante este período de tempo são efectuadas 16 limpezas automáticas da tela (em 2h produzem-se 200 PCBs e com um período de limpeza da tela em 12) e o *proflow* passa de cheio para meio. Com este tipo de amostragem pretende-se incluir nas medidas a variação própria do processo.

=> **Randomization** – Neste projecto não é um passo importante, já que a intervenção do operador não influencia a medida, pois ele apenas retira a placa à saída da máquina e volta a colocá-la, afim de se obter 3 medidas.

=> **Tree structure** – A forma como as medidas são efectuadas está representado na Figura 5.7.

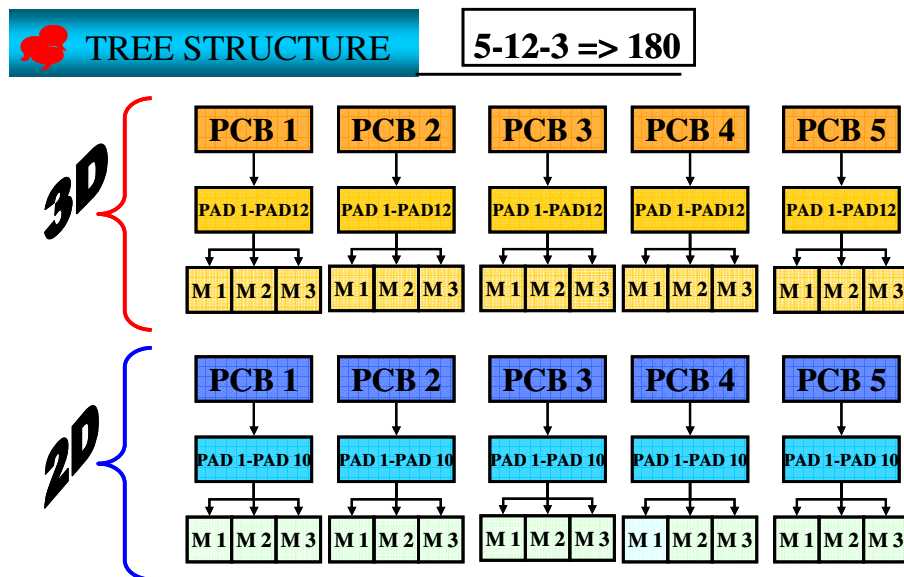


Figura 5.7: *Tree structure* utilizada

As medidas são efectuadas nos 3 turnos, sendo cada PCB medido três vezes. Como a máquina efectua medidas em “2D” ou “3D” conforme o componente, criam-se duas estruturas paralelas. Quando se refere *pad*, significa ponto de medida, local onde é depositada a pasta de solda.

=> **Standard Operation Procedure** – Neste caso não é necessário efectuar nenhum SOP, já que a única regra a seguir é efectuar a cada 20 minutos, três medidas seguidas ao PCB.

=> **Blind Study** – Este é mais um dos factores que neste projecto não é relevante. Tal como foi referido o operador não tem influencia praticamente nenhuma nas medidas.

=> **Clocking** – Os locais, e respectivos componentes, onde se efectuam as medidas está representado na Figura 5.8.

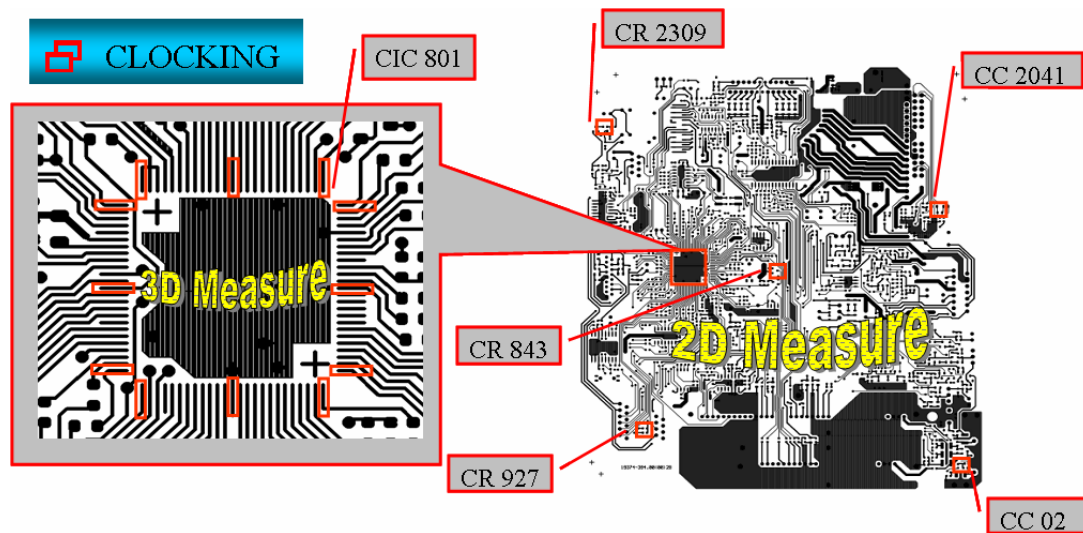


Figura 5.8: Posição no PCB e componentes a medir, consoante seja uma medida em “2D” ou “3D”.

De forma a obter-se dados das medidas “2D” e “3D”, escolhem-se componentes onde fosse utilizada cada uma delas. As medidas “3D” foram efectuadas num IC (*Integrated Circuit* – **CIC801**), em 12 dos seus *pads*. No caso das medidas “2D” seleccionam-se 5 componentes (10 *pads* no total – **CR2309**, **CC2041**, **CR841**, **CR927** e **CC02**) posicionados nos extremos e no meio do PCB, para se conseguir mais uma vez captar a variação, caso exista, ao longo do mesmo.

Com 45 PCBs testados e 5400 pontos (*pads*) medidos, e tendo em conta que se medem três ou seis parâmetros conforme se trate de uma medida em “2D” ou “3D”, respectivamente, obtêm-se 4590 valores (3240 em “3D” e 1350 em “2D”).

Para a análise destes dados por forma a obter-se o resultado do MSE, utiliza-se a opção “*Gage Study*” do software “Minitab”.

As primeiras medidas analisadas são as “2D”, nomeadamente a área, desvio em “X” e “Y”, conforme Figuras 5.9, 5.10 e 5.11, respectivamente.

### Gage R&R (Nested) for Area

Gage name:  
Date of study:

Reported by:  
Tolerance:  
Misc:

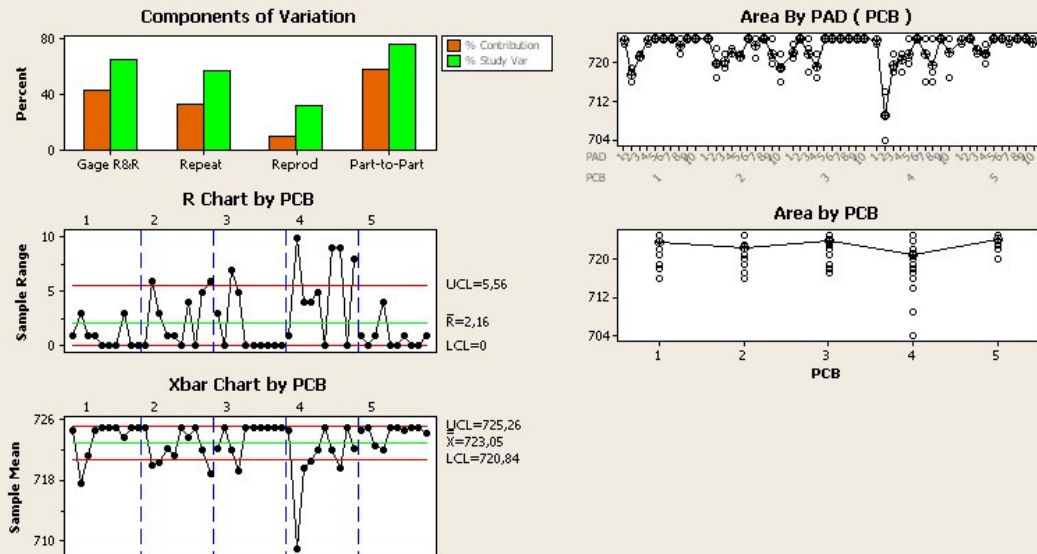


Figura 5.9: Resultado do “Gage Study” para a área em “2D”

### Gage R&R (Nested) for X

Gage name:  
Date of study:

Reported by:  
Tolerance:  
Misc:

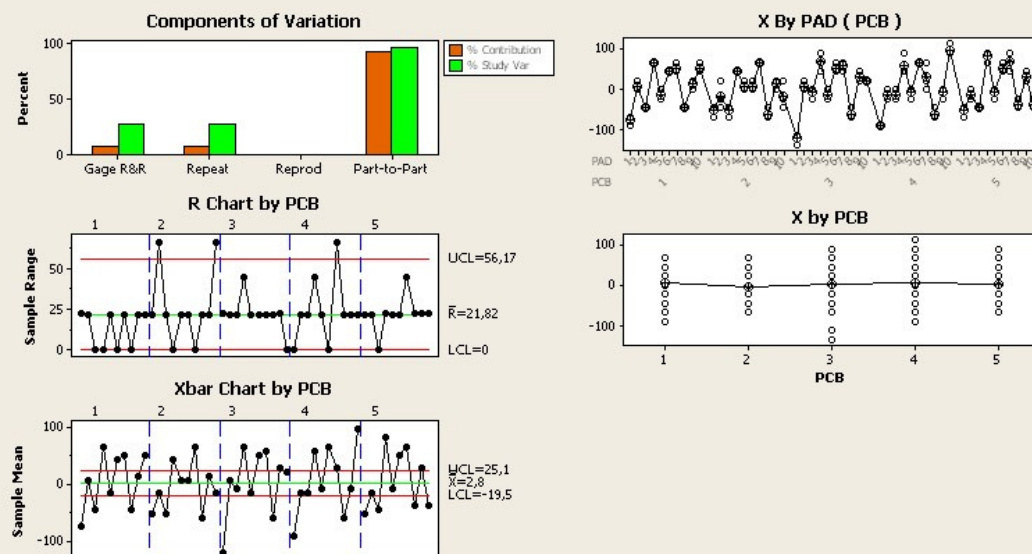


Figura 5.10: Resultado do “Gage Study” para o desvio em “X” em “2D”

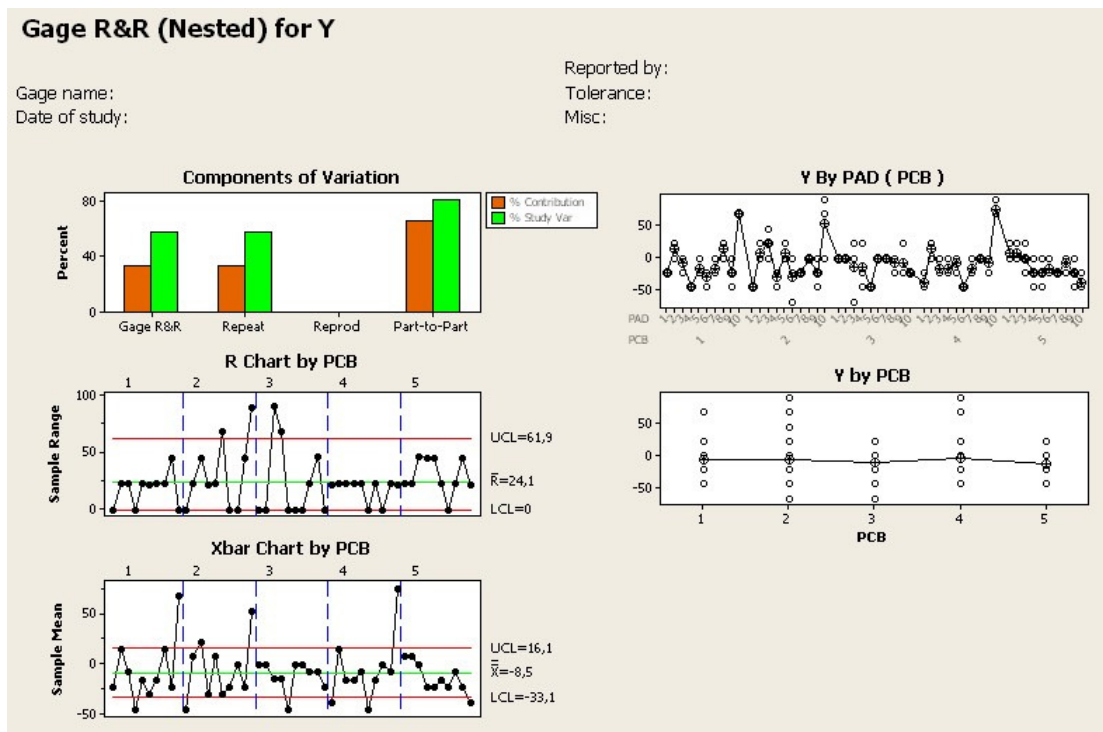


Figura 5.11: Resultado do “Gage Study” para o desvio em “Y” em “2D”

A análise gráfica fornece muita informação sobre o comportamento do aparelho de medida. Além do valor “GAGE R&R”, que para significar que o aparelho de medida é bom deve estar abaixo de 30%, embora a situação mais desejada seja ter sempre um valor menor do que 10%. Os gráficos “Sample Range” e “Sample Mean” também dão indicações sobre a repetibilidade, reprodutibilidade, discriminação, estabilidade e variação do processo versus variação do aparelho de medida.

Observando com mais detalhe o gráfico “Sample Range” para a medida da “área” pode dizer-se o seguinte:

✖ não é estável, pois tem pontos fora dos limites, conforme se pode ver na Figura 5.12.

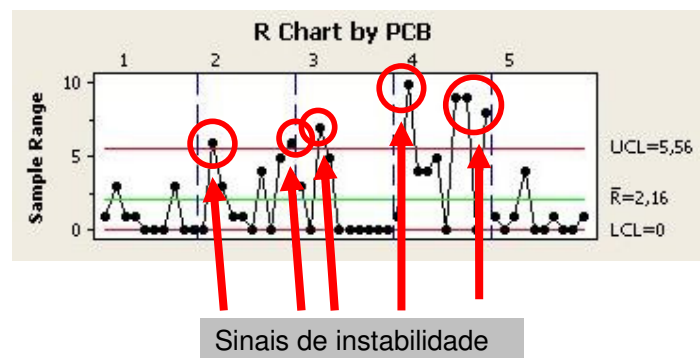


Figura 5.12: Análise da estabilidade para o factor “Area”

✖ tem discriminação suficiente, pois para o número de sub-grupos existentes, apresenta mais do que o mínimo necessário de 5 níveis de diferente valor, conforme Figura 5.13.

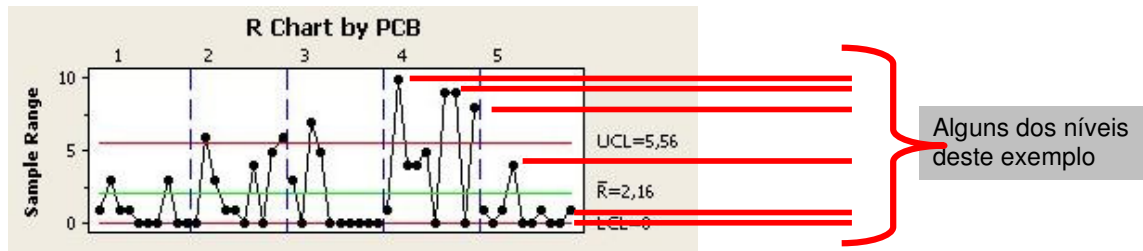


Figura 5.13: Análise da discriminação para o factor “Area”

Na equação 5.1 pode ver-se como é calculada a discriminação. Com o “Minitab” é possível obter facilmente os valores da discriminação.

$$\text{Discriminação} = 1 + \frac{\text{Limite de controlo superior no "R Chart"}}{\text{Menor diferença entre as medidas}}$$

(5.1)

✖ como apresenta pontos de valor relativamente altos, a repetibilidade é fraca (Figura 5.14). Uma boa repetibilidade significa ter pouca variação (range baixo) dentro dos sub-grupos.

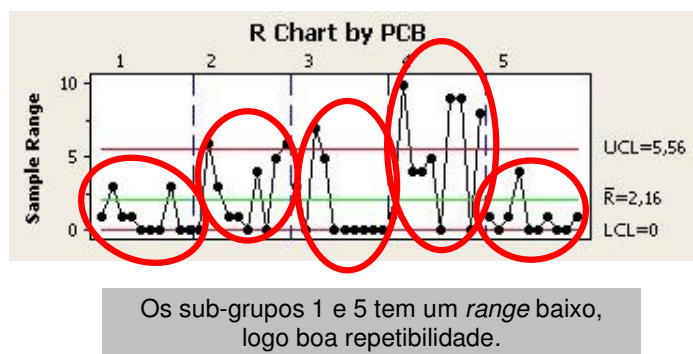
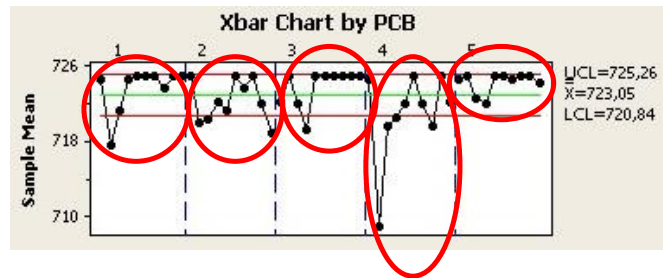


Figura 5.14: Análise da repetibilidade para o factor “Area”

Observando o gráfico “Sample Mean” para a medida da “área” pode dizer-se o seguinte:

✖ em termos de reprodutibilidade não se pode tirar conclusões finais, apesar

de parecer que não existe padrão entre os sub-grupos (Figura 5.15). Uma boa reprodutibilidade significa ter um padrão semelhante em condições diferentes (diferentes pessoas, diferentes equipamentos, etc).

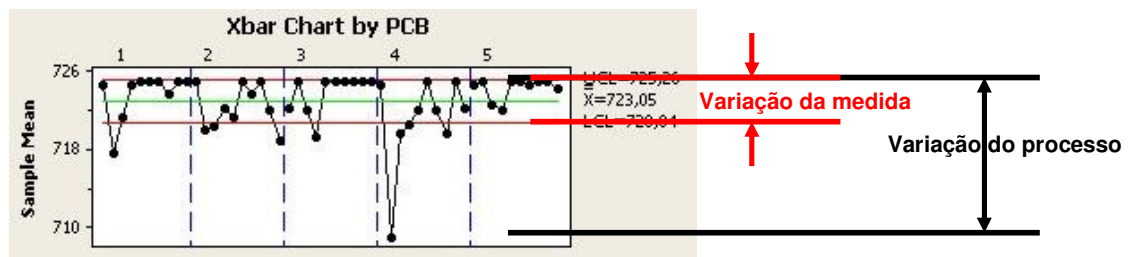


Se tivesse uma boa reprodutibilidade todos os sub-grupos teriam um padrão semelhante.

Figura 5.15: Análise da reprodutibilidade para o factor “Area”

Neste caso em particular, a reprodutibilidade não deve contribuir como componente da variação, já que não há intervenção dos operadores. Os sub-grupos considerados são os PCBs.

✗ não se consegue afirmar se existe mais variação do aparelho de medida ou das peças (PCBs), pois apesar de existirem mais pontos dentro dos limites do que fora, se se considerar o ponto que aparece mais abaixo como sendo correcto (e não um *outlier*), então tem-se mais variação do processo (Figura 5.16).



Parece haver mais variação do processo que do aparelho de medida, mas isso é significativamente influenciado pelo ponto que está muito abaixo da média.

Figura 5.16: Análise da variação do produto versus aparelho de medida para o factor “Area”

Analisando o gráfico “Sample Mean” do parâmetro “X”, conclui-se que existe mais



variação do processo que do aparelho de medida (Figura 5.17).

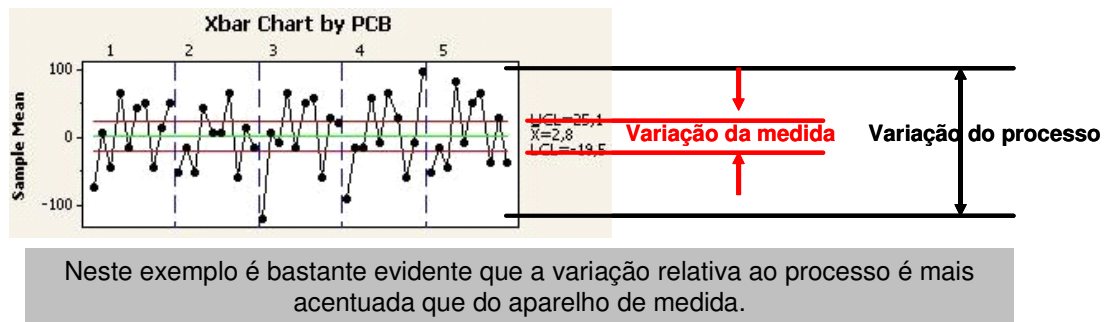


Figura 5.17: Análise da variação do produto versus aparelho de medida para o factor “X”

Como até ao momento a análise apenas se inclina para o estudo dos resultados do MSE na forma gráfica (“Sample Mean” e “Sample Range”), a Figura 5.18 mostra o exemplo dos resultados na forma de texto para o parâmetro “área”. Este tipo de dados é fornecido pelo “Minitab” juntamente com os gráficos.

Todos os outros resultados obtidos, encontram-se apresentados no Anexo II.

#### Gage R&R Study - Nested ANOVA

##### Gage R&R (Nested) for X

Source	DF	SS	MS	F	P
PCB	4	2629	657,17	0,0815	0,988
PAD (PCB)	45	362824	8062,76	37,4582	0,000
Repeatability	100	21525	215,25		
Total	149	386977			

7,6% da variação total vem do aparelho de medida

##### Gage R&R

Source	VarComp	%Contribution (of VarComp)
Total Gage R&R	215,25	7,60
Repeatability	215,25	7,60
Reproducibility	0,00	0,00
Part-To-Part	2615,84	92,40
Total Variation	2831,08	100,00

7,6% da variação total (7,6%) é devido a problema de repetibilidade

92,40% da variação vem das peças

Source	StdDev (SD)	Study Var (6 * SD)	%Study Var (%SV)
Total Gage R&R	14,6713	88,028	27,57
Repeatability	14,6713	88,028	27,57
Reproducibility	0,0000	0,000	0,00
Part-To-Part	51,1453	306,872	96,12
Total Variation	53,2079	319,248	100,00

Repetibilidade e reprodutibilidade (27,57% GAGE R&R)

Figura 5.18: Resultados do Minitab para a medida do parâmetro “área”

As medidas “3D” analisadas são a área, desvio em “X” e “Y”, altura e volume conforme as Figuras 5.19, 5.20, 5.21, 5.22, 5.23, respectivamente.



### Gage R&R (Nested) for Area

Gage name:  
Date of study:

Reported by:  
Tolerance:  
Misc:

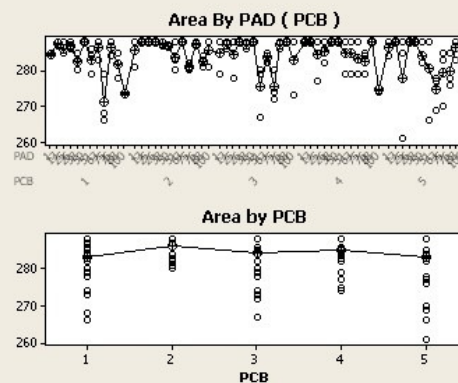
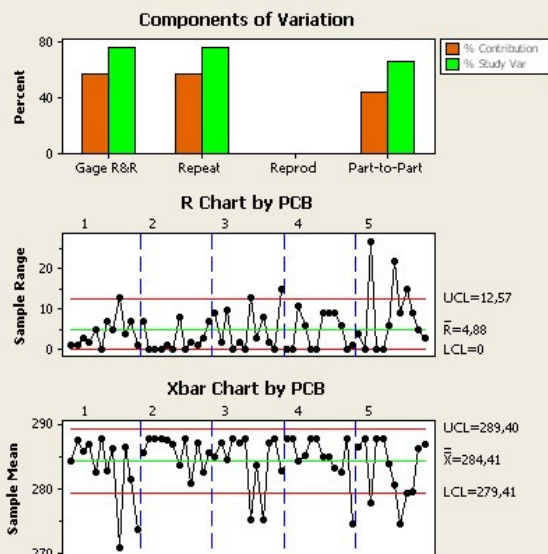


Figura 5.19: Resultado do “Gage Study” para a área em “3D”

### Gage R&R (Nested) for X

Gage name:  
Date of study:

Reported by:  
Tolerance:  
Misc:

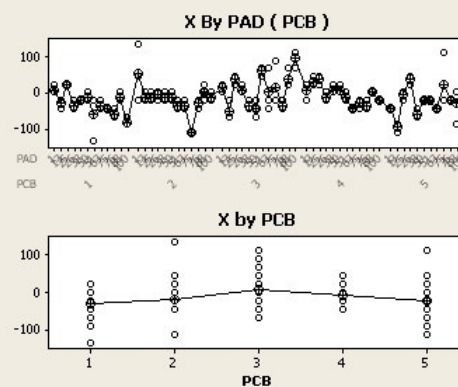
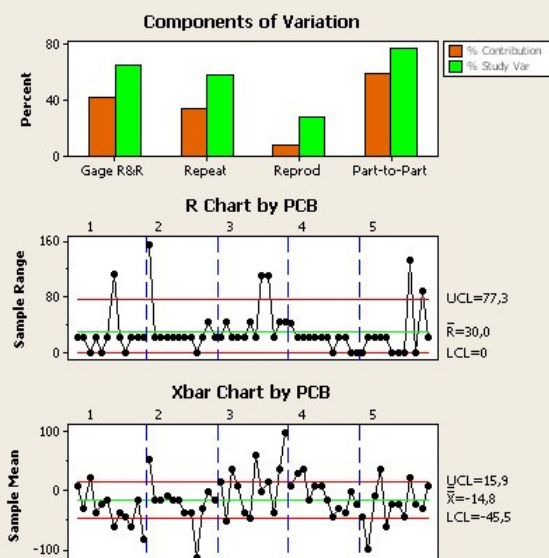


Figura 5.20: Resultado do “Gage Study” para o desvio em “X” em “3D”

### Gage R&R (Nested) for Y

Gage name:  
Date of study:

Reported by:  
Tolerance:  
Misc:

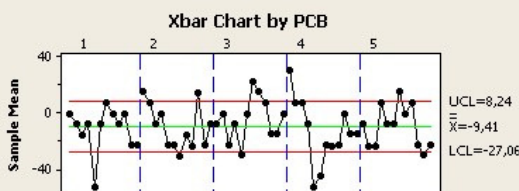
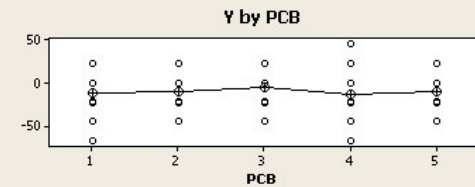
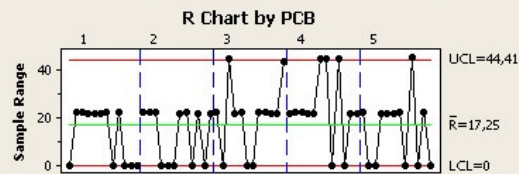
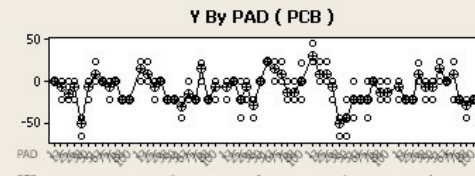
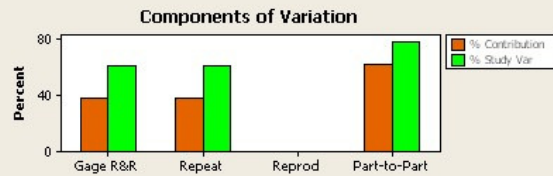


Figura 5.21: Resultado do “Gage Study” para o desvio em “Y” em “3D”

### Gage R&R (Nested) for height

Gage name:  
Date of study:

Reported by:  
Tolerance:  
Misc:

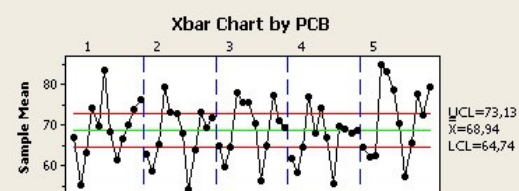
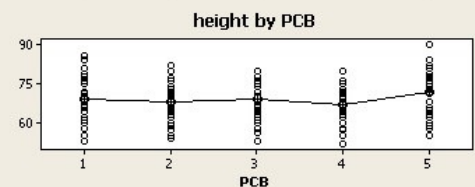
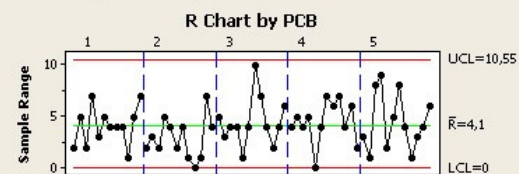
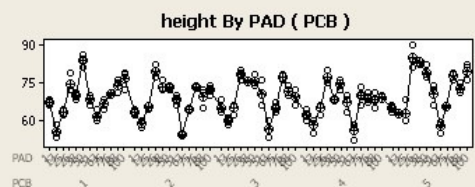
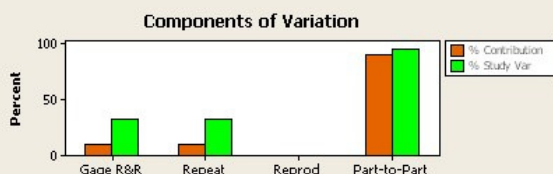


Figura 5.22: Resultado do “Gage Study” para a altura em “3D”

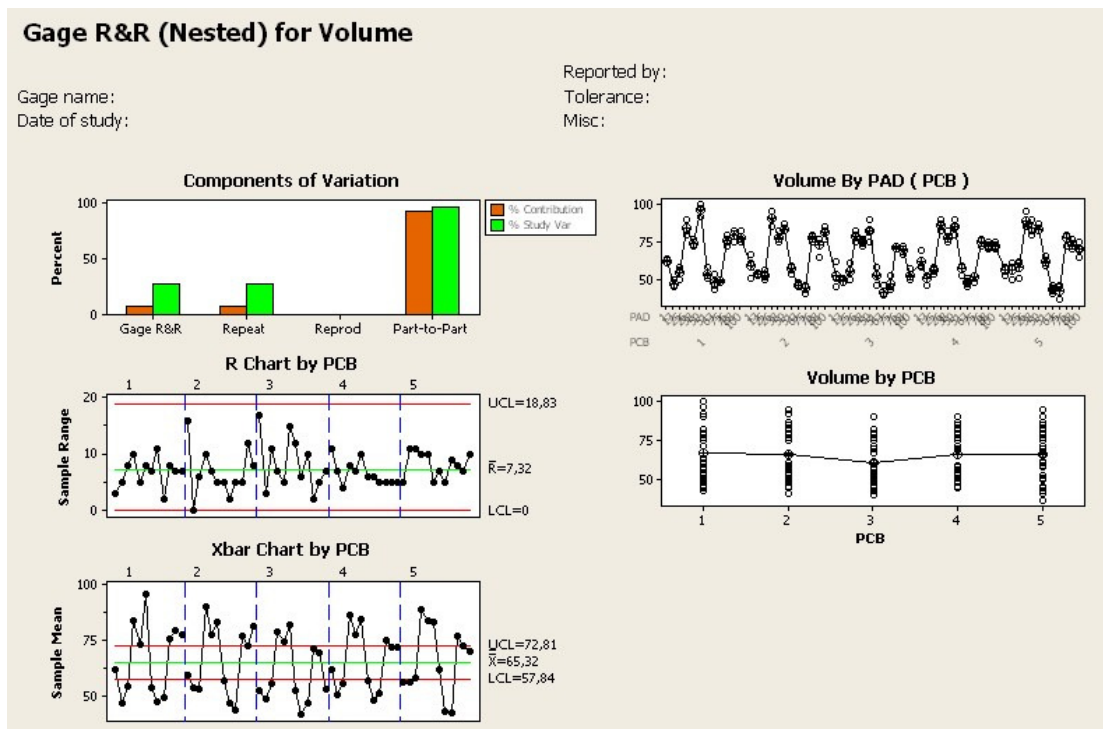


Figura 5.23: Resultado do “Gage Study” para o volume em “3D”

Afim de não se analisar exaustivamente cada um dos gráficos para cada uma das métricas, em cada um dos modos de medida, faz-se um resumo gráfico, conforme a Figura 5.25. Para uma melhor compreensão do resumo dessa análise, a Figura 5.24 funciona como legenda.

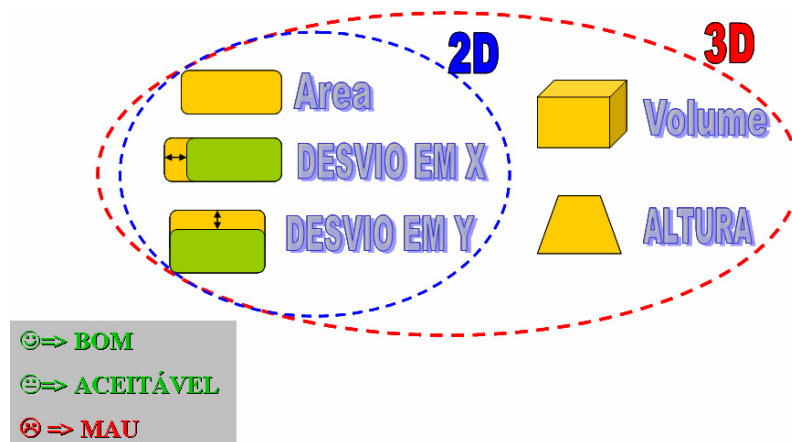


Figura 5.24: Legenda dos símbolos usados para representar cada uma das medidas

















































	2D			3D				
								
<b>Estabilidade</b>								
<b>Discriminação</b>								
<b>Repetibilidade</b>								
<b>Variação Produto / Parte</b>								
<b>Reprodutibilidade</b>	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Gage R&amp;R</b>								

Figura 5.25: Resumo dos resultados do MSE

De uma forma genérica, exceptuando o volume e a altura, os resultados não são satisfatórios. Assim, foi decidido contactar o fornecedor do equipamento para comentar estas avaliações. Na sequência de algumas reuniões conjuntas, o fornecedor concorda com os resultados obtidos, sugerindo melhorar o sistema de *clamping* (aperto) do PCB dentro do equipamento, já que o que se encontra em utilização poderá provocar algum tipo de torção na placa.

Com o novo sistema de aperto do PCB instalado, foi necessário efectuar um segundo MSE, pois as condições de inspecção alteraram-se.

Para uma melhor discriminação dos tipos de variação, opta-se por aumentar dimensão da amostra, aumentando o número de PCB medidos nos três turnos, o que provoca a inerente alteração da estrutura (*tree structure*) utilizada. Assim sendo, o *Sampling* e a *Tree structure* passam a ser:

=> **Sampling** - Durante a produção normal, retira-se uma amostra, medida 3 vezes consecutivas, a cada 20 minutos, em cada um dos três turnos (1h30+1h30+1h30), o que significa 4h30 de amostragens da produção real. Este tempo significa 60 limpezas automáticas da tela (em 4h30 produzem-se 600 PCBs e com o período de limpeza da tela em 10) e o *proflow* enche-se e esvazia-se 3 vezes. O ideal é conseguir incluir nas medidas a variação própria do processo.

=> **Tree structure** – A forma como as medidas são efectuadas está representado na Figura 5.26.

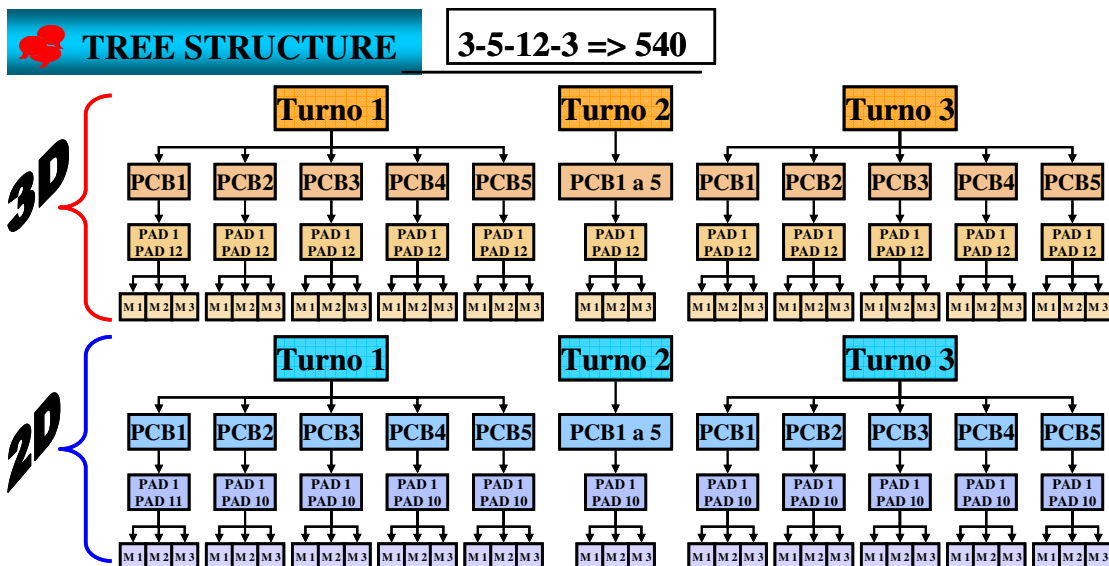


Figura 5.26: *Tree structure* utilizada no 2º MSE com novo sistema de *clamping*

Os resultados deste segundo MSE, conforme a Figura 5.27, voltam a ficar muito longe das expectativas. Visto ter sido já explicada a forma como se analisam os resultados, apresenta-se apenas o resumo dos mesmos.

	<b>2D</b>			<b>3D</b>				
<b>Estabilidade</b>								
<b>Discriminação</b>								
<b>Repetibilidade</b>								
<b>Variação Produto / Parte</b>								
<b>Reprodutibilidade</b>	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Gage R&amp;R</b>								

Figura 5.27: Resumo dos resultados do MSE com novo sistema de *clamping*

Como os resultados do MSE continuam a demonstrar que a máquina não é capaz de efectuar medidas suficientemente precisas e exactas para os fins desejados, decidiu-se efectuar o mesmo tipo de análise, mas em vez dos PCBs de produção utilizou-se o prato de calibração da máquina. Obviamente que não é um verdadeiro

MSE, já que não se deve encontrar variação nas peças, visto que só existe um prato de calibração e nem sequer tem verdadeiramente pasta de solda, é basicamente uma placa com *pads* fictícios e tem 4 espessuras diferentes (Figura 5.28). Pretendeu-se assim avaliar o comportamento da máquina quando mede uma peça estável e praticamente indeformável.

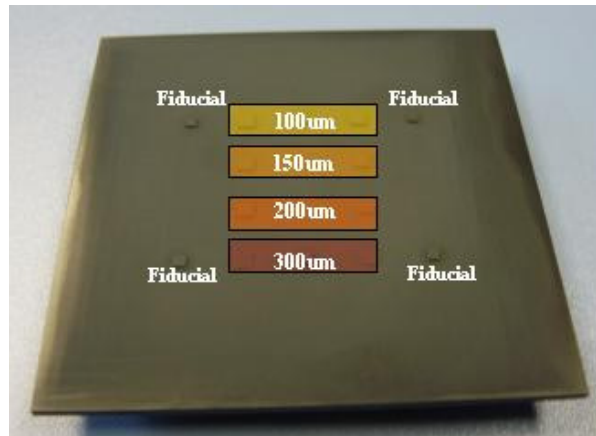


Figura 5.28: Prato de calibração da máquina SPI

As regras para o MSE são agora mais simples, não são necessários grandes cuidados em termos de *sampling*, *randomization*, *blind study* e *SOP*. Apenas se definem a *tree structure* e o *clocking*.

A estrutura utilizada é a que está na Figura 5.29. Neste caso apenas se mede o volume e a altura, já que o programa de inspeção para o prato de calibração apenas contempla estas medidas.

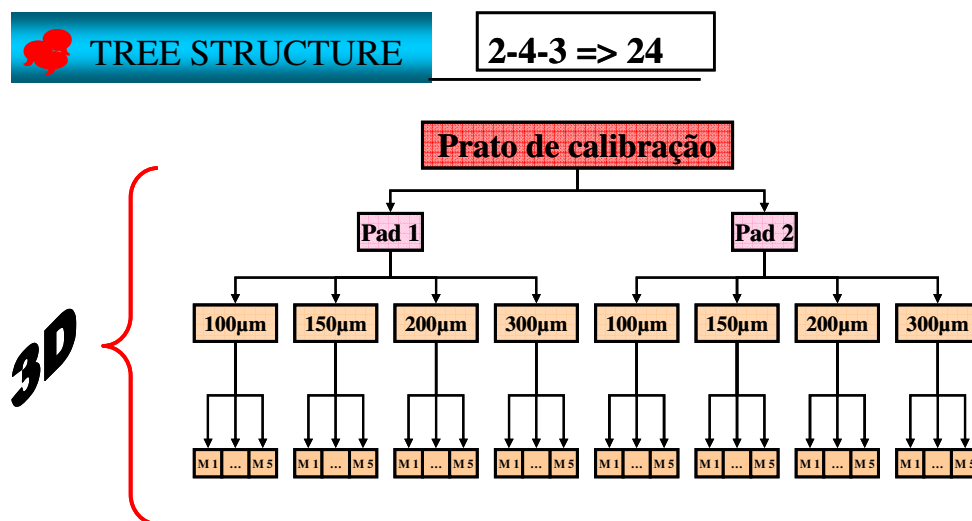


Figura 5.29: *Tree structure* para MSE com prato de calibração da SPI

O prato de calibração tem *pads* com 4 diferentes alturas de pasta.

O local do prato de calibração onde se efectuam as medidas é conforme a Figura 5.30. Apenas são considerados 2 *pads*, em quatro locais diferentes.

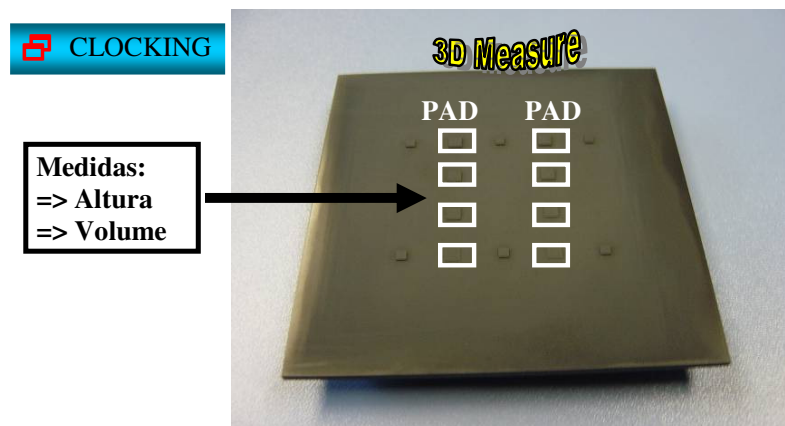


Figura 5.30: Posição no prato de calibração onde se medem a altura e volume

Os resultados obtidos, surgem um pouco melhores, apesar de em termos de estabilidade a máquina continuar a apresentar problemas, nomeadamente na medida da altura, conforme se pode ver pelo resumo da Figura 5.31.

	2D			3D				
<b>Estabilidade</b>	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	😊	😞
<b>Discriminação</b>	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	😊	😊
<b>Repetibilidade</b>	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	😊	😊
<b>Variação Produto / Parte</b>	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	😊	😊
<b>Reprodutibilidade</b>	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	😊	😊
<b>Gage R&amp;R</b>	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	😊	😊

Figura 5.31: Resumo dos resultados do MSE com prato de calibração

Além do MSE realizado, decide-se fazer uma breve incursão na capacidade do processo utilizando os dados recolhidos com o prato de calibração.

Utiliza-se a opção “*Capability Analysis*” do Minitab para cada uma das 4 diferentes alturas presentes na placa (100µm, 150µm, 200µm, 300µm), conforme Figuras 5.32, 5.33, 5.34 e 5.35, respectivamente.



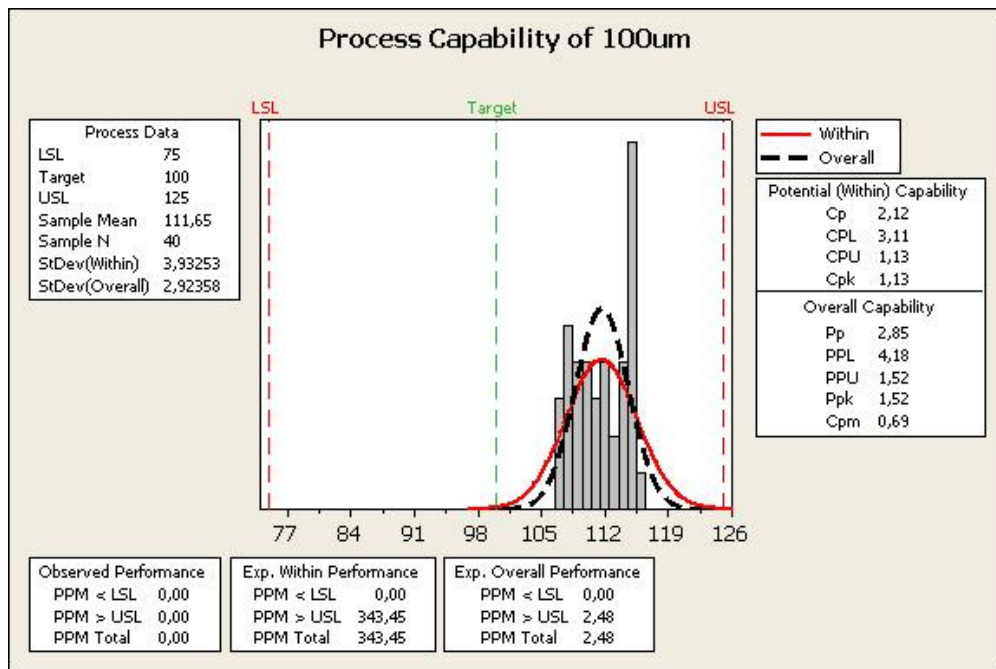


Figura 5.32: Estudo da capacidade para altura de 100µm utilizando prato de calibração

Observando a Figura 5.32, constata-se que a distribuição das 40 medidas está ligeiramente desviada do objectivo, o que faz com que o Cpk (*Process capability*) apresente um valor pouco aceitável. (valor mínimo aceitável é 1,33). A capacidade do processo (Cpk) é a medição de quão boa é a métrica em comparação com o standard estabelecido. Assumindo que existe um processo estável que gera a métrica, isso também permite prever qual a probabilidade do valor da métrica estar fora do standard estabelecido. Pode dizer-se que é um indicador de dispersão e centramento de uma distribuição tendo em conta a especificação.

O Cpk calcula-se conforme é evidenciado na equação 5.2.

$$Cpk = \frac{\min(\mu - LSL, USL - \mu)}{3\sigma}$$

(5.2)



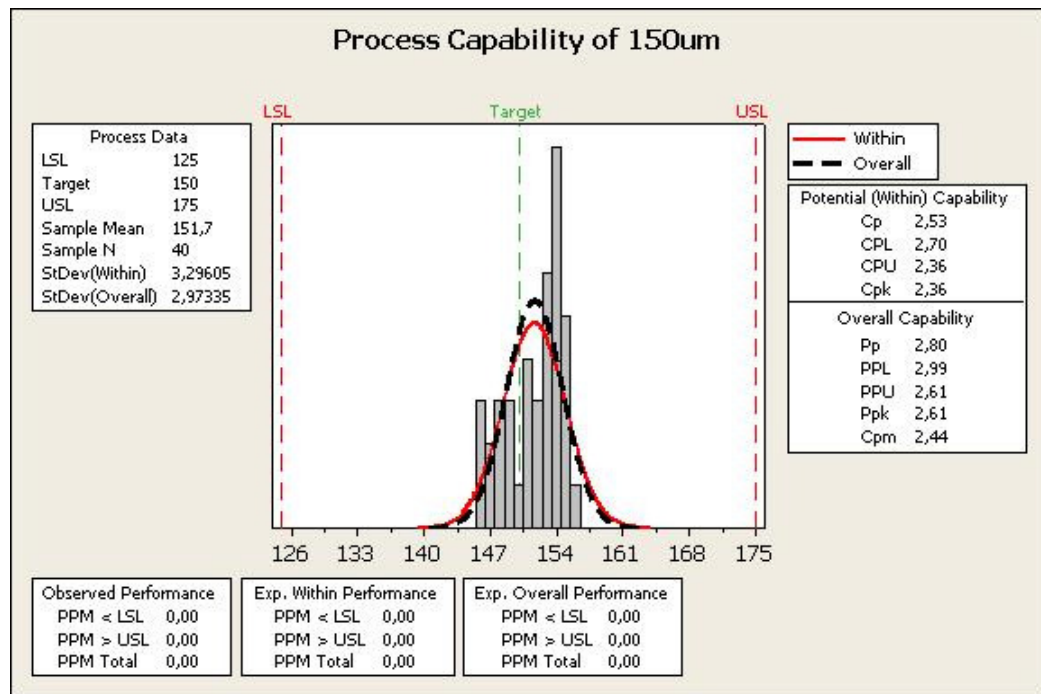


Figura 5.33: Estudo da capacidade para altura de 150 $\mu$ m utilizando prato de calibração

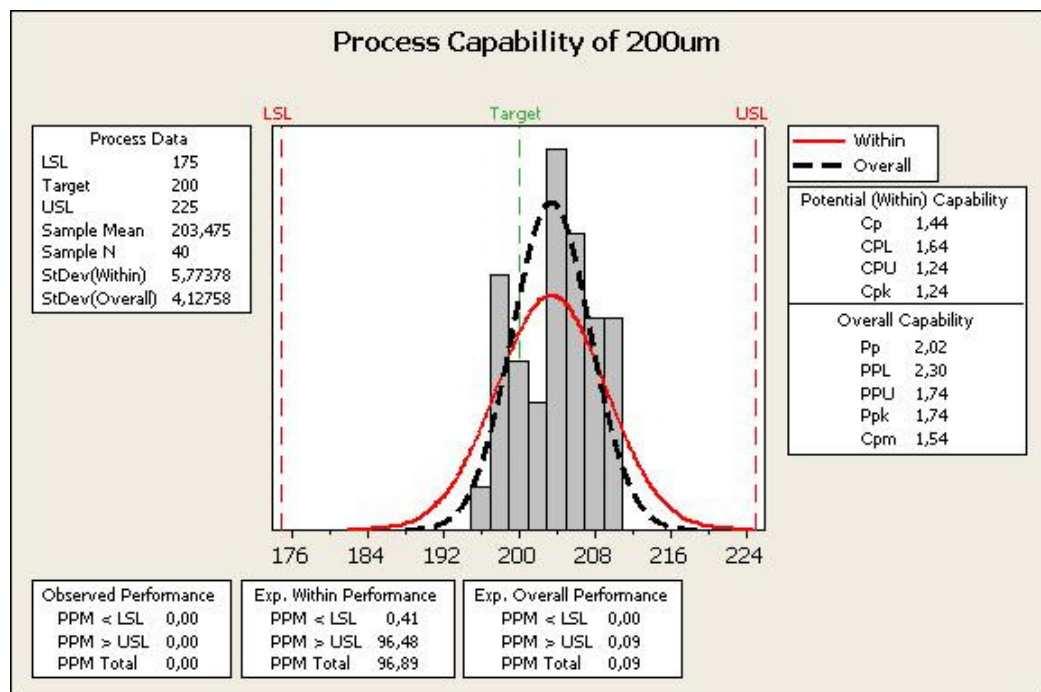


Figura 5.34: Estudo da capacidade para altura de 200 $\mu$ m utilizando prato de calibração

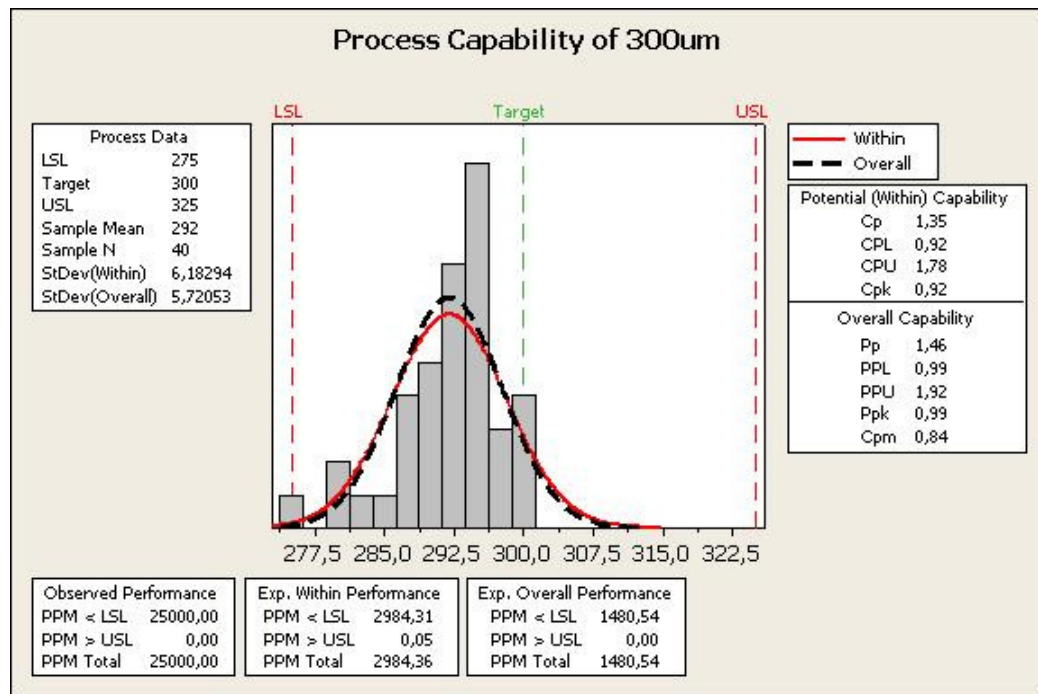


Figura 5.35: Estudo da capacidade para altura de 300µm utilizando o prato de calibração

Numa breve análise aos resultados da capacidade utilizando as medidas da altura, pode dizer-se que o melhor resultado é para o caso dos 150µm, com um Cpk de 2.36, o que pode indiciar que a máquina está otimizada para a espessura de tela mais utilizada na empresa (150µm) e de uma forma generalizada, incluindo outras fábricas, neste tipo de processo de soldadura.

Ainda na sequência da análise dos dados referidos e provando mais uma vez algumas das ineficiências do equipamento para as funcionalidades desejadas, pôde constatar-se uma das características do equipamento, que a resolução da câmara é de 22µm.

Para se perceber o verdadeiro impacto que a resolução referida e limites estabelecidos podem ter no processo, atente-se ao seguinte exemplo:

❶ os parâmetros atingem valores entre os -90µm e 112µm para o “Y” e -90µm e 90µm para o “X”, o que dá janelas de 202µm e 180µm, respectivamente. Isto significa que se existir, por exemplo, um desvio de 200µm para uma abertura da tela de 250µm (no eixo do Y, conforme Figura 5.36) o equipamento aceitará, apesar de a pasta de solda poder estar a 50µm do *pad* adjacente, ou seja,

desviada.

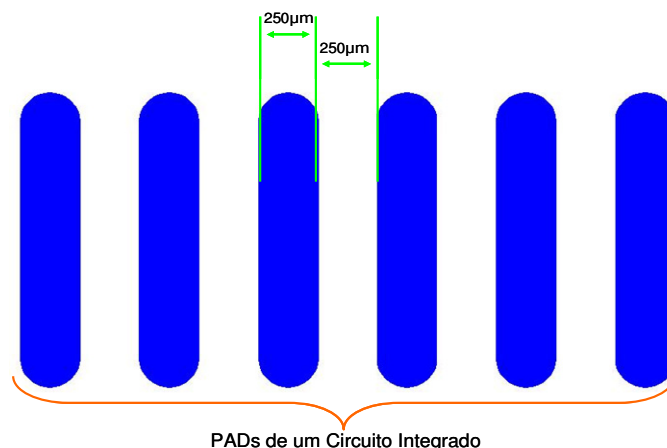


Figura 5.36: Dimensão e distância entre *pad* de um IC

Como resumo das sucessivas análises realizadas, pode concluir-se que o equipamento é capaz efectivamente de distinguir um produto bom de um mau, tendo em conta os limites estabelecidos, mas quando se pretende melhorar o processo de deposição de pasta efectuando medidas e utilizando-as para otimizar a *printer*, verifica-se que tem muitas limitações. Apesar de se chamar à máquina várias vezes durante a dissertação de “aparelho de medida”, ela é apenas uma “máquina de inspecção”.

Todas as medidas efectuadas e dados utilizados estão no Anexo II.

Depois de mais algumas reuniões com o fornecedor, ficou claro que a máquina tem efectivamente alguns problemas com o laser. A solução apresentada pelo fornecedor é a possibilidade de se testar um novo equipamento que está na sua fase final de desenvolvimento, o qual tem um sistema de medida completamente remodelado, apresentando na teoria uma resolução de  $2\mu\text{m}$ , contra os  $22\mu\text{m}$  do actual. Obviamente que esta solução será levada em consideração, mas não resolve os problemas com os actuais equipamentos.

Por forma a melhorar a optimização do processo fazendo uso dos dados da SPI, reiniciou-se toda a análise, partindo do pressuposto que o operador pode/deve servir de agente de melhoria. Pretende-se criar mais um passo no processo de avaliação de uma placa rejeitada pela máquina. Até agora todos os PCB rejeitados são enviados para a reciclagem. Pretende-se que os operadores tomem a decisão final sobre se uma placa rejeitada pode ou não seguir para o próximo processo. Ao

tomarem esta decisão, estão imediatamente também a intervir ainda mais activamente no processo.

### **5.3 - Redefinição do projecto**

Mediante as considerações e decisões tomadas, foi necessário reformular o projecto e redefini-lo, pois, existe o operador a tomar decisões que anteriormente pertenciam apenas à máquina.

Entretanto, enquanto decorriam as reuniões para se decidir qual o melhor caminho a seguir, surgiram alterações na área SMT e o produto sujeito à análise até agora, o “*PROD 1*” mudou para outra linha. Esta mudança implica que a máquina de limpeza de PCBs (Teknek) que está na linha 5 tenha que acompanhar o produto, o qual necessita de limpeza antes de iniciar o processo.

Na linha 5 onde decorrem os testes, passa a produzir-se um outro produto, o “*PROD 2*”. Por essa razão a partir de agora todas as medidas e documentos são referentes ao produto “*PROD 2*”. Este produto não precisa de limpeza, já que o tipo de fabrico do PCB é diferente do anterior, não provocando resíduos dentro das embalagens. Além disso, não utiliza código de barras em papel para a identificação, mas sim gravação a laser.

#### **5.3.1 - Definição da nova abordagem ao projecto**

O SIPOC não sofre grandes alterações (Figura 5.37), à excepção dos códigos de barras, que passam a ser gravados a laser e da máquina de limpeza de PCBs (Teknek) que deixa de existir na linha 5.

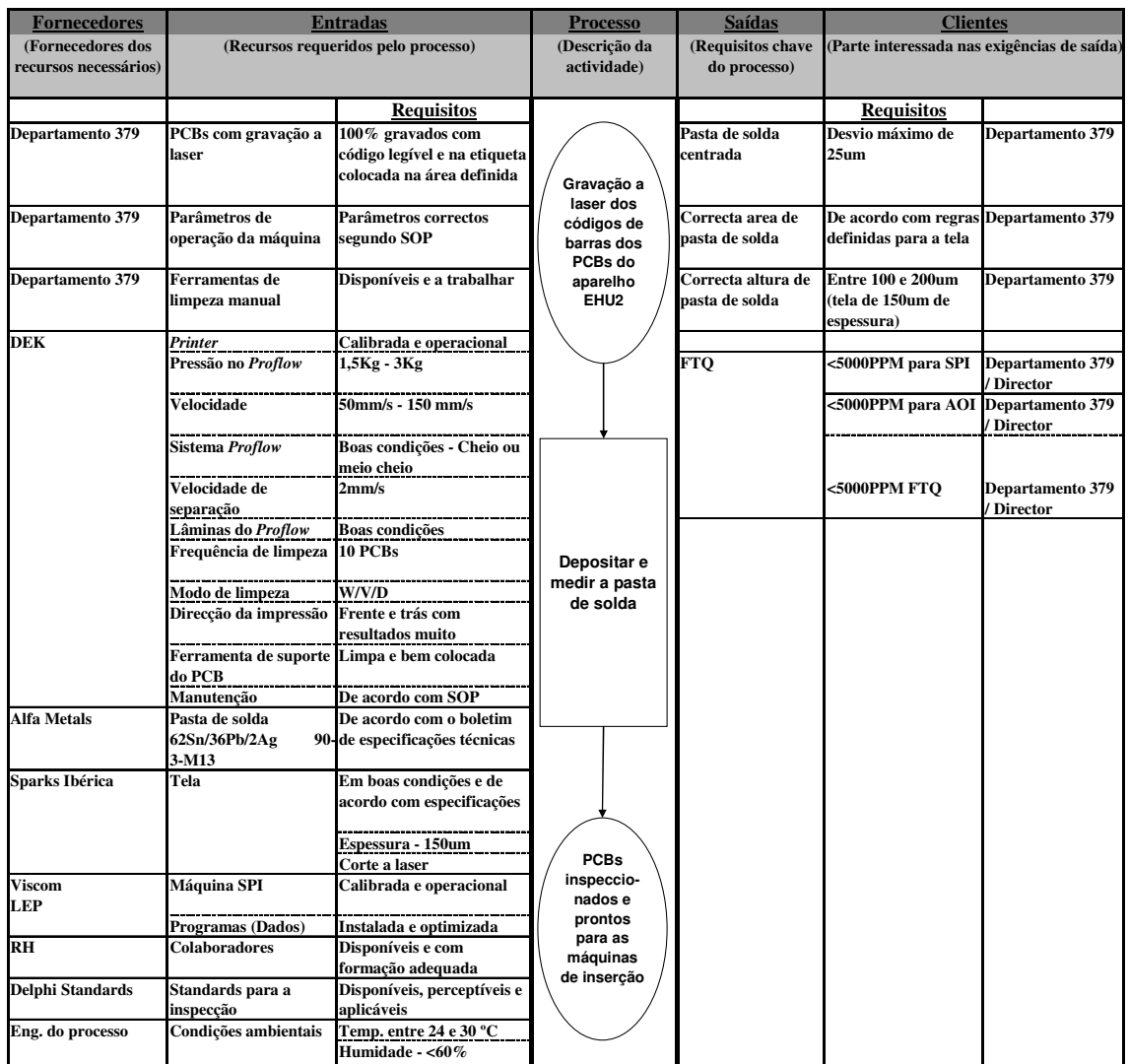


Figura 5.37: Novo SIPOC do projecto

O T-MAP mantém-se também basicamente igual, conforme se vê na Figura 5.38, a única diferença é que agora é avaliada (MSE), em vez da máquina SPI, a capacidade dos operadores em tomarem decisões. É realizado o chamado *ICC* (*Intra-Class Correlation for Ranked Attribute Data*). Quando os dados são atributos utiliza-se o *ICC* ou o *Kappa*. A diferença entre os dois é que o primeiro é utilizado quando se tem mais do que dois níveis de decisão, enquanto que o segundo utiliza-se quando se tem apenas dois níveis, por exemplo SIM ou NÃO.

	Perguntas	Entradas / Requisitos	Ferramenta a usar	Resposta esperada ou saída	Resposta ou saída
<b>D</b>	• Qual é o problema?		SIPOC		
	• Conhecemos todas as entradas ?		SIPOC	Sim	
	• Podemos controlar as principais entradas ?		TMAP - <i>Analyze</i>	Não - "Operador"	
	• Qual é a magnitude do problema ?		SIPOC	Grande impacto no FTQ	
	• Todos os colaboradores têm formação adequada ?		Matriz de formação	Sim	
	• Qual é o procedimento se o PCB não tem código de barras ?		I.T.	Nova gravação	
	• O que fazer com os dados da AOI ?		TMAP - <i>Analyze</i>	Cruzar com os dados da SPI	
	• A equipa conhece o projecto ?	<i>Commitment</i>	Reuniões	Sim	
<b>M</b>	• Quais são os potenciais modos de falha?		Ishikawa (F.M.E.A.)	Várias entradas críticas (CTQ)	
	• O suporte para o PCB é adequado?		I.T.	Sim	
	• A frequência de limpeza do <i>proflow</i> é a mais adequada?		Ver <i>report</i> diário	Sim	
	• A frequência da manutenção preventiva é a mais adequada?	<i>Printer</i> and SPI	Fornecedor versus procedimentos de manutenção	SPI=Sim DEK=Sim	
	• O <i>proflow</i> cheio comporta-se da mesma forma que o quase vazio?		<i>P-Charts</i>	Não...???	
	• A calibração da mesa da <i>printer</i> tem muita influência na qualidade da impressão ?		<i>P-Charts</i>	Sim	
	• O processo está controlado?		<i>P-Charts</i>	Não...	
	• Quais as áreas em que nos devemos focar?			Printer, SPI e processo de limpeza	
	• É o operador capaz de classificar um PCB rejeitado em diferentes níveis consoante a falha ?	Area, altura, volume e desvio em X e Y.	ICC	Sim	A capacidade dos operadores é muito boa.
	• Deve, no entanto, testar-se a nova máquina ?	Area, altura, volume e desvio em X e Y.	MSE	Sim	
<b>A</b>	• A espessura do PCB tem influência na deposição da pasta de solda?		DOE	Não ( ver projecto GB " <i>Improve Reflow Process</i> ")	
	• Quais os parâmetros que têm mais influência na qualidade da deposição da pasta de solda ?		DOE	Velocidade, Pressão, Suporte do PCB e Frequência de limpeza da tela.	
	• Conseguimos provar as relações existentes entre velocidade, pressão, temperatura e processo de limpeza ?		DOE - Anova	Sim	
	• Podemos obter formulas dessas relações ?		Regressão	Sim	
	• O que devemos fazer com os dados da AOI ?		Q.I.S	Contactar Viscom sobre possibilidade de implementar comunicação com a SPI	
<b>I</b>	• Precisamos de um checklist preenchido depois de cada manutenção ?		<i>Checklist</i>	Sim	
	• Precisamos de uma verificação diária do perfil da estufa ?		<i>Checklist- Auditoria</i>	Sim	
	• Precisamos de um responsável pela qualidade por equipa ?		Information process flow	Sim	
	• Devemos mudar a direcção do abastecimento de placas à linha (agora está de baixo para cima) ?	Melhorar FTQ - Defeitos relacionados co sujidade	Q.I.S.	Sim	
	• Podemos otimizar o programa de inspecção na SPI sempre que as aberturas da tela são alteradas ?	Ficheiro "Gerber" recebido do fornecedor das telas	E-mail com ficheiro "gerger"	Sim	
<b>C</b>	• O plano de controlo está actualizado ?				
	• Os resultados obtidos correspondem ao esperado ?				

Figura 5.38: Novo T-MAP do projecto

O P-MAP sofre também ligeiras alterações. Além das partes do processo ligadas à identificação dos PCBs com códigos de barras e limpeza dos mesmos, tem ainda a inclusão da parte do processo onde se decide o que fazer com uma placa rejeitada na máquina SPI. Nesta nova abordagem do processo, o operador terá sempre a decisão final sobre qual o rumo a dar ao PCB (Figura 5.39).

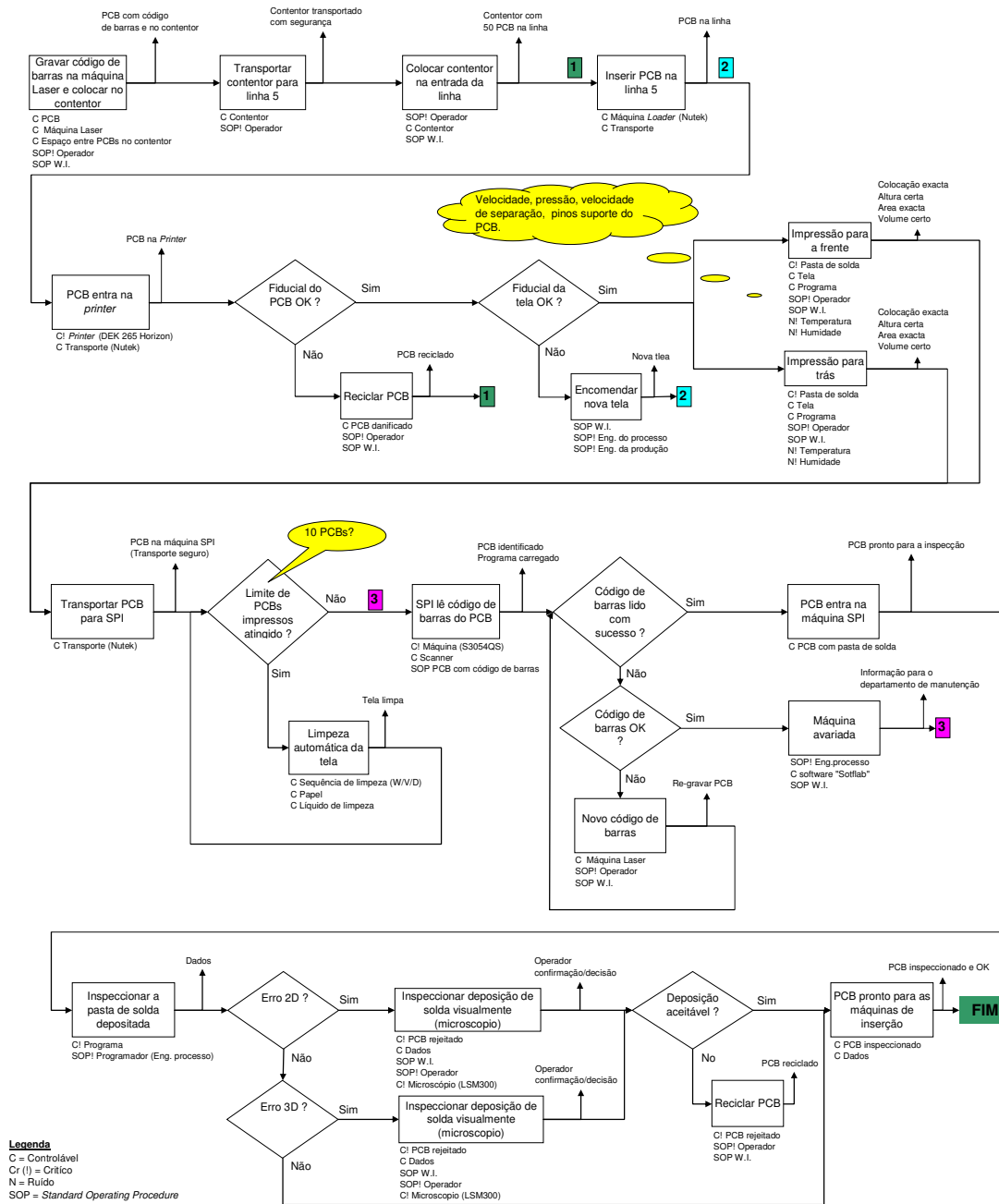


Figura 5.39: Novo P-MAP do projecto

### 5.3.2 - Avaliação da capacidade dos observadores/juízes

O aparelho de inspecção a ser validado é agora o operador, o qual confirmará ou não a decisão da máquina SPI. Afim de se garantir se a capacidade é boa, faz-se o MSE, e utiliza-se a ferramenta ICC, pois os dados em causa são atributos com mais do que um nível.

A preparação das amostras para a realização do MSE é diferente da anteriormente utilizada quando se procede à avaliação da máquina.

Quanto maior o número de amostras, mais fiável é o resultado, neste caso utilizaram-se 30 PCBs e três juízes. Os juízes pertencem todos ao mesmo turno pois não é possível guardar as placas de um turno para o outro, já que o estado da pasta de solda depositada se alteraria.

Para que as amostras representem todo o campo de variação, prepara-se PCBs bons (16), maus (7) e aceitáveis (7). Entenda-se por aceitável todo aquele PCB que não está efectivamente a 100%, mas que pode seguir todo o processo, pois continua dentro da janela definida como segura, não provocando quaisquer defeito na inspecção AOI. As decisões possíveis de serem tomadas pelos juízes são as representadas na Tabela 5.2.

	Classificação	Decisão do operador
PCB Bom	1	Máquina tomou decisão errada - Necessária optimização
PCB Aceitável	2	Máquina tomou decisão certa ao rejeitar, mas PCB pode seguir para passo seguinte
PCB Mau	3	Máquina tomou decisão certa, placa para reciclagem

Tabela 5.2: Níveis de decisão dos juízes para realização do ICC

A estrutura utilizada é cruzada, ou seja, todos os juízes avaliam todas as placas, conforme apresentado na Figura 5.40.

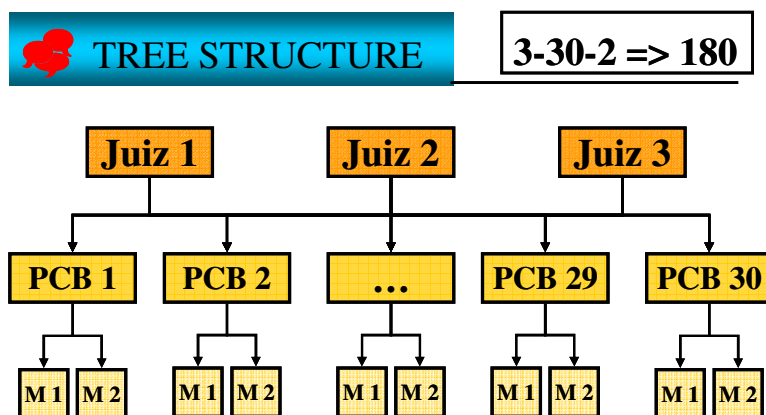


Figura 5.40: Tree structure utilizada para o MSE – ICC

As duas medidas, a cada um dos 30 PCBs, são realizadas separada e



aleatoriamente por cada um dos juízes.

Neste caso não é necessário definir o local do PCB onde se tomam as decisões, já que o importante é o operador perceber a falha e validar consoante uma das três opções. A Tabela 5.3 mostra o tipo de defeitos que são preparados para a realização do teste.



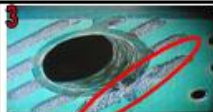








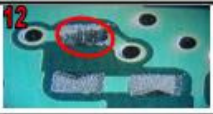


DEFEITOS "ACEITÁVEIS"	1		Desvio de 75µm em "X"
	2		Desvio de 75µm em "Y"
	3		PAD com falta de pasta
	4		PAD com pasta irregular
	5		PAD com pouca altura de pasta
	6		PAD com falta de pasta (tem 60%)
	7		PAD com falta de pasta (tem 75%)
DEFEITOS "NÃO ACEITÁVEIS"	8		Desvio de 180µm em "X"
	9		Desvio de 180µm em "Y"
	10		PAD IC sem pasta
	11		PAD com apenas 25% da pasta
	12		PAD sem pasta
	13		PAD com apenas 25% da pasta
	14		Volume de pasta a mais

Tabela 5.3: Tipos de defeitos provocados para realização do ICC

Para a análise dos dados recolhidos, utiliza-se uma folha em Excel desenvolvida para o efeito pela empresa "Advanced Integrated Technologies Group, Inc".

Os resultados do ICC demonstram que os juízes (operadores), estão preparados para avaliar convenientemente as placas rejeitadas pela máquina SPI. Conforme se pode constatar pela Figura 5.41, o resultado dá acima dos 90%, que é considerado muito bom. Valores entre 0,7 e 0,9 significam que o "sistema de inspecção" é aceitável, mas que devem ser implementadas melhorias.

## Results

Number of Judges (k)	4
Number of Parts (n)	30

All samples evaluated by same panel of judges		
Judges are the only Judges of Interest		
Situation 5	Each Judges ratings	ICC = 0,965204236
Situation 6	Average of Judges ratings	ICC = 0,991067961

All samples evaluated by same panel of judges		
A random sample of judges selected from population of judges		
Situation 3	Each Judges ratings	ICC = 0,965853659
Situation 4	Average of Judges ratings	ICC = 0,991239049

Each sample evaluated by different panel of judges		
A random sample of judges selected from population of judges		
Situation 1	Each Judges ratings	ICC = 0,965859401
Situation 2	Average of Judges ratings	ICC = 0,991240561

## ANOVA

	SS	DF	MS
Between Parts	64,375	29	2,2198276
Within Parts	1,75	90	0,0194444
Judges	0,025	3	0,0083333
Error	1,725	87	0,0198276
Total	66,125	119	0,5556723

Copyright 2000, AIT Group Inc. All rights reserved.

Figura 5.41: Resultados do ICC

Com o sistema de inspecção validado, já se pode decidir com mais confiança se existe ou não um problema de impressão de pasta de solda, por isso passou-se à fase da análise dos problemas de soldadura do processo *reflow*, onde, como foi demonstrado na fase *define*, o defeito “curto de solda” tem o maior impacto.

Claro que a situação ideal seria ter um sistema de medida e não apenas um meio de decidir se um PCB está bom ou mau (sistema de inspecção), pois isso possibilitaria a optimização da *printer* consoante os valores de área, desvios em “X” e “Y”, volume e altura estivessem a caminhar em direcção aos limites definidos.

### 5.3.3 - Identificação dos potenciais riscos

Mesmo sem se poder prosseguir conforme delineado no início, ou seja, utilizando a máquina SPI para a optimização do processo de soldadura *reflow* através da utilização de DOE, prosseguiu-se utilizando outras ferramentas.

Para se poder identificar os potenciais riscos, é necessário primeiro analisar pormenorizadamente os dados da qualidade da área SMT, assim como os da linha de montagem onde é implementado o projecto (Linha 5). Com as devidas explicações durante a fase *define* é possível perceber o impacto que os defeitos de soldadura têm no total das não conformidades dessa área. A Tabela 5.4 evidencia que os tipos de defeitos “curto de solda” e “pouca/sem solda” representam 83% do total dos defeitos relacionados com soldadura. Se se eliminar estes dois tipos de defeitos, o FTQ na área SMT diminuirá em 35%, por isso estes são os principais focos a “atacar”.

Dados de 2006		
Tipo de defeito	Quantidade	PPMs
Curto de solda	6226	1200
Pouca/sem solda	5399	1040
Sujidade	2178	420
Resto de solda	110	21
Excesso de solda	56	11
<b>TOTAL</b>	<b>13969</b>	<b>2691</b>

Tabela 5.4: *Top 5* dos defeitos de soldadura na área SMT durante 2006

Como se trata de dois defeitos que são antagónicos, analisou-se cada um deles de forma separada. O “curto de solda” normalmente significa que se depositou pasta de solda a mais, enquanto que o defeito “pouca/sem solda” significa pasta de solda a menos.

Transportando agora a análise para a linha 5, pode ver-se na Tabela 5.5 que os dois referidos defeitos continuam a ter muito peso no total das não conformidades e que os problemas de soldadura continuam a representar cerca de 48% do total das falhas, tal como acontece na globalidade da área SMT.

Os dados da análise à linha 5 incluem todos os tipos de rádios que lá se produziam no decorrer do ano 2006, ou seja, o “*PROD 1*”, o “*PROD 2*” e o “*PROD 3*”. A Figura 5.42 mostra a distribuição dos vários tipos de defeitos de soldadura por cada um dos três PCB referidos.

Dados de FTQ de 2006 da linha 5			
Tipo de defeito	Quantidade	FTQ (PPM)	Contribuição dos defeitos de soldadura para o total dos defeitos da área SMT
Pouca/sem solda	644	1717	20,4%
Curto de solda	498	1328	15,8%
Falta	458	1221	
Descentrado	445	1186	
Sujidade	351	936	11,1%
Tombstone	239	637	
Levantado	237	632	
Oxidado	86	229	
Danificado	65	173	
Rodado	53	141	
Invertido	28	75	
Resto de solda	22	59	0,7%
Excesso de solda	7	19	0,2%
Defeituoso	6	16	
Mal montado	6	16	
Pernos oxidados	4	11	
Com superfluxo	4	11	
Trocado	1	3	
Componentes em excesso no PCB	1	3	
Desconhecido	1	3	
<b>TOTAL</b>	<b>3156</b>	<b>8413</b>	<b>48,2%</b>

Tabela 5.5: Pareto dos defeitos de soldadura na linha 5 durante 2006

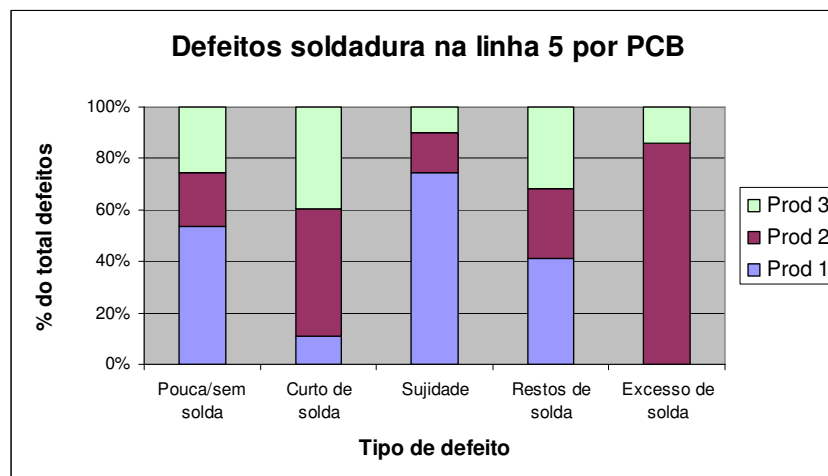


Figura 5.42: Distribuição dos defeitos de soldadura na linha 5 por tipo de PCB

Para se constatar se a incidência dos defeitos “curto de solda” e “pouca/sem solda” está ligada a algum tipo de componente, utiliza-se o diagrama de concentração conforme as Figuras 5.43, 5.44 e 5.45, para os modelos “*PROD 1*”, “*PROD 2*” e “*PROD 3*”, respectivamente.

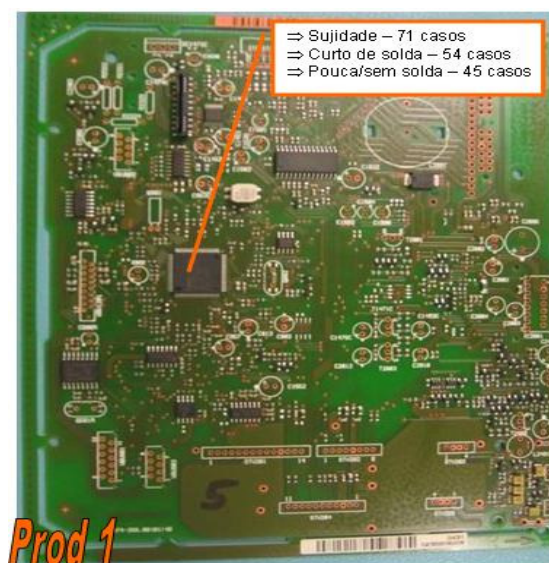


Figura 5.43: Concentração dos defeitos de soldadura na linha 5 para o modelo “PROD 1”

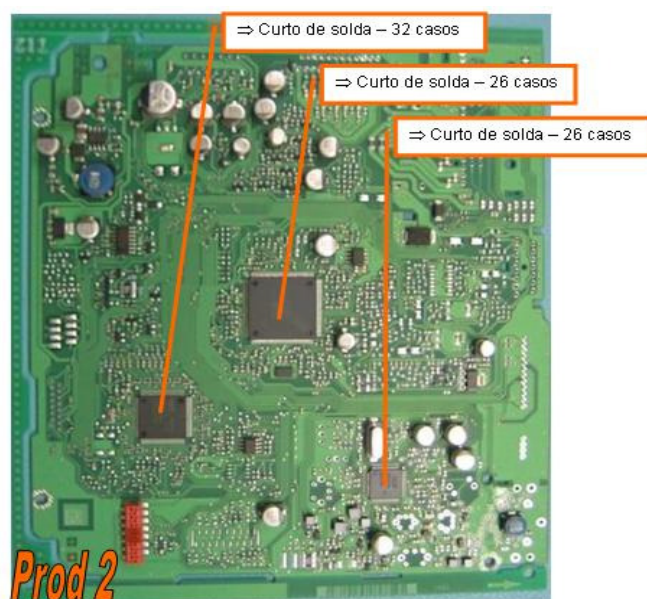


Figura 5.44: Concentração dos defeitos de soldadura na linha 5 para o modelo “PROD 2”

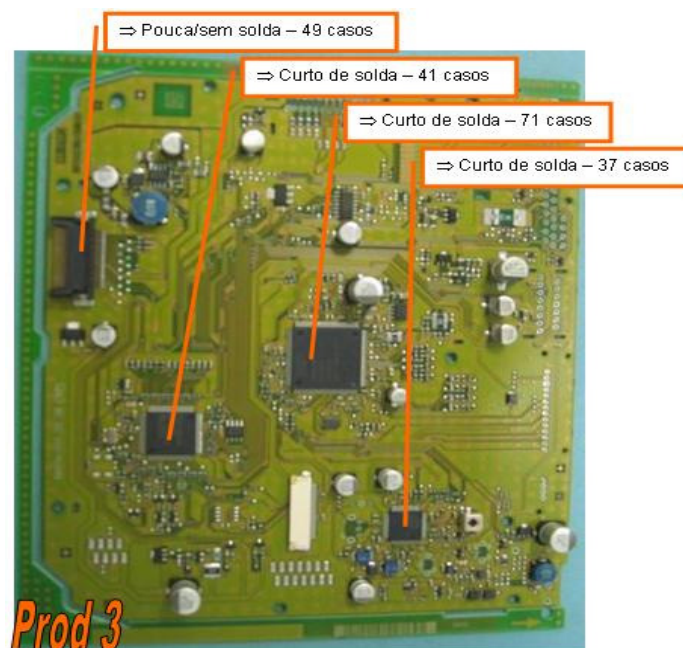


Figura 5.45: Concentração dos defeitos de soldadura na linha 5 para o modelo “PROD 3”

Constata-se que 60% dos defeitos “curto de solda” acontecem nos componentes do tipo IC. No caso do defeito “pouca/sem solda”, apenas 7% deles está relacionado com o tipo de componente IC, a restante quantidade, que é a grande maioria, está dispersa por todo o tipo de componentes, sem incidência em nenhum em particular. Os “curtos de solda” no conjunto dos três modelos de rádio referidos, representam 65% do total deste tipo de defeitos na linha 5.

Apresenta-se na Figura 5.46 um diagrama de *Ishikawa* que se aplica aos defeitos relacionados com soldadura, embora com mais ênfase nos dois tipos com mais impacto das métricas (“curto de solda” e “pouca/sem solda”). São avaliadas todas as possíveis causas que possam conduzir ao seu aparecimento.



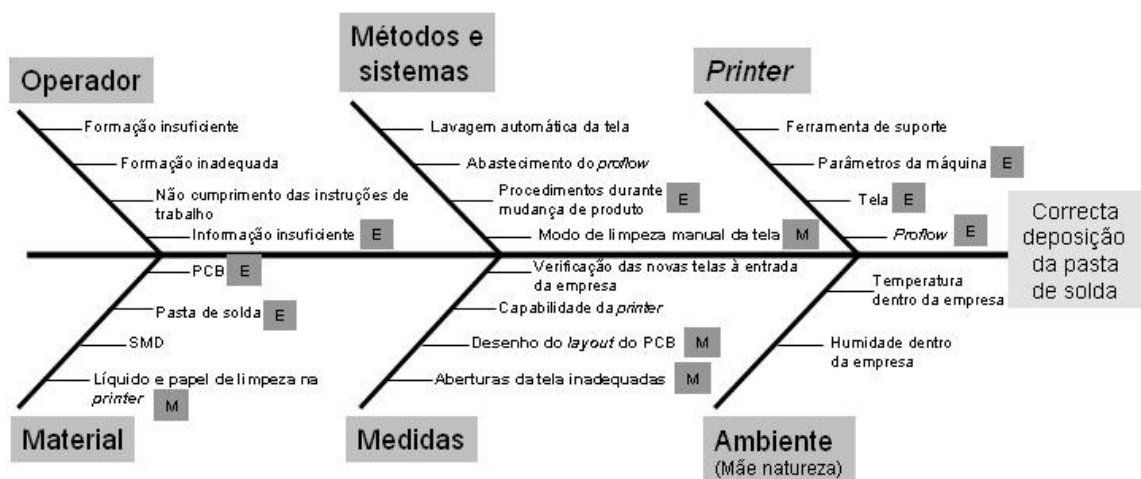


Figura 5.46: Diagrama de *Ishikawa* para os defeitos “pouca/sem solda” e “curto de solda”

De todas as possíveis causas indicadas no diagrama *Ishikawa*, criaram-se prioridades de análise e resolução de problemas tendo em conta a experiência dos intervenientes e o conhecimento transmitido entre empresas do grupo. Assim sendo, as possíveis causas estão classificadas como sendo de prioridade “Elevada” (E) ou “Média” (M).

Analisar-se-ão então aquelas que se consideraram de prioridade “Elevada”:

- 👁 **Informação insuficiente**
- 👁 **PCB**
- 👁 **Pasta de solda**
- 👁 **Procedimentos durante a mudança de produto**
- 👁 **Parâmetros da *printer***
- 👁 **Tela**
- 👁 ***Proflow***

Para cada uma das potenciais causas dos dois principais defeitos de soldadura referidos, é necessário perceber em que medida cada uma delas pode ou não afectar a qualidade dos produtos.

#### 👁 **Informação insuficiente**

É importante perceber até que ponto a informação insuficiente potencia os defeitos

de soldadura. Apesar de não ser a causa principal, o facto é que se não existirem dados que comprovem a influência destes defeitos e, principalmente, se não existirem formas de reagir imediatamente ao seu aparecimento, efectivamente eles continuaram a existir. Considera-se portanto a informação insuficiente uma das causas do problema.

### 👁 **PCB**

Partindo do princípio que os PCBs não estão contaminados, o único parâmetro que pode afectar a quantidade de solda depositada é a sua espessura. Através dos resultados de um DOE obtidos num outro projecto, concluiu-se que a variação existente na espessura dos PCBs não tem influência significativa na deposição da pasta de solda.

### 👁 **Pasta de solda**

Se a pasta de solda estiver “demasiado líquida”, devido ao excesso de calor, faz com que seja depositada pasta de solda a mais, para uma mesma pressão e velocidade. Se por outro lado estiver “demasiado rígida”, por estar demasiado fria, faz com que menos pasta atravesse a tela, mais uma vez para uma mesma pressão e velocidade. Dado que a temperatura ambiente dentro da empresa é controlada, a hipótese de temperatura em excesso está salvaguardada. Já não se pode dizer o mesmo em relação ao frio, pois assim que chega à empresa a pasta de solda é guardada dentro de uma cabine a “-10°C”. 8h antes de ser utilizada na linha de produção deve ser retirada dessa cabine para que fique à temperatura ambiente (24°C) e possa então ser utilizada. Esta situação não é garantida de forma plena, o que quer dizer que pode ser uma das causas do problema.

### 👁 **Procedimentos durante a mudança de produto**

Sempre que se muda de produto na linha de montagem, é necessário efectuar uma série de procedimentos, que podem ser mais ou menos complexos dependendo do produto que estava a decorrer e do próximo. Pode ir desde a simples mudança dos programas em todas as máquinas, até à mudança de todos os materiais, tela e programas em todas as máquinas.

Quando a mudança implica a alteração da tela e conseqüentemente do programa na *printer*, é absolutamente imperativo que não haja enganos e que as primeiras placas



impressas sejam metodicamente analisadas. Porque não existe uma forma de cruzar num único documento todos os procedimentos necessários para uma mudança de produto segura, considera-se esta uma causa do problema.

#### 👁 **Parâmetros da *printer***

Os parâmetros da máquina de deposição de pasta de solda são inequivocamente factores preponderantes no processo. Não será aqui demonstrado em que medida a variação da velocidade e pressão afectam a deposição da pasta de solda, mas já existem estudos na Delphi que o comprovam. De salientar que esses estudos foram realizados com a utilização de *squeegges* e não *proflow*. Apesar de ser umas das causas do problema, não poderá ser analisado convenientemente neste momento devido às limitações do equipamento já demonstradas.

#### 👁 **Tela**

A tela tem influência directa na qualidade da deposição de pasta de solda. Os factores relacionados com a tela que se consideram são o tempo de vida da mesma e o seu estado físico. Existe um número de utilizações máximo recomendado para uma tela, dependendo do material de que a mesma é constituída. Actualmente, o procedimento existente é uma auditoria periódica ao estado físico das telas, o que em alguns casos quase nada pode indicar sobre o número de utilizações, daí que se considere uma causa do problema.

#### 👁 ***Proflow***

Tal como no caso dos “parâmetros da *printer*”, não se pode averiguar o impacto do *proflow* estar cheio ou quase vazio. De qualquer forma existem outros factores ligados ao próprio *proflow* que afectam a deposição da pasta de solda, conforme já se constata por experiência adquirida. As lâminas, que são a parte do *proflow* que entra em contacto com a tela, são uma parte essencial em todo o processo. Evitam que durante a impressão a pasta seja expelida para fora da câmara ou da zona de impressão. Se uma das duas lâminas estiver danificada, vai existir alguma fuga de pressão e notar-se-à resíduos de pasta depositados na tela. Apesar de não se conseguir quantificar a influência das lâminas na qualidade do processo, considera-se o *proflow* no seu todo como uma das causas do problema.

Outras causas serão responsáveis pelo aparecimento de “curtos de solda” e “pouca/sem solda”, como aliás foi focado no diagrama de *Ishikawa*, mas para este projecto consideraram-se estas sete como sendo as mais influentes. O próximo passo é encontrar acções que minimizem ou eliminem o impacto das mesmas no aparecimento dos defeitos de soldadura.

## **5.4 - Controlo dos riscos**

Apresenta-se de seguida as soluções implementadas para cada uma das possíveis causas referidas no diagrama de *Ishikawa*.

### **👁 Informação insuficiente**

A primeira medida implementada foi a colocação de gráficos de FTQ e OE por linha e turno. Estes gráficos são preenchidos diáriamente pelos colaboradores, o que de certa forma faz com que sintam de forma diferente os resultados do dia. Além disso, é afixado mensalmente o top 5 por linha.

Estipulou-se uma reunião semanal com a participação de 3 operadores, o Quality Engineer e o responsável pela área SMT, onde são expostos os piores problemas da semana anterior. Esses operadores ficam responsáveis por descrever essa informação num “placard” e por transmiti-la aos restantes, inclusivé das outras equipas. Como na área SMT as equipas são rotativas, a cada semana participa uma equipa diferente nessa reunião. O Top 5 mensal e semanal por linha é também discutido nesta reunião, por forma a que todos participem activamente na melhoria contínua.

### **👁 Pasta de solda**

A forma encontrada de garantir que os operadores apenas aplicam a pasta de solda 8h depois de esta ter sido retirada da cabine de refrigeração, é utilizando um software já existente (RAP – Registo Automático de Produção). Este software é uma ferramenta diária dos operadores, por isso foi muito fácil inserir no menu mais uma opção e esta ser rapidamente absorvida por eles. O interface entre esse software e os operadores é feito através de um terminal sem fios, equipado com leitor de código de barras.

Em cada tubo da pasta de solda colocou-se um código de barras. A pessoa responsável por abastecer as linhas de montagem utiliza uma função do menu desse software para indicar que vai retirar os tubos da cabine. Os operadores sempre que precisarem de carregar o *proflow* com pasta de solda fazem uso do terminal sem fios, escolhendo a opção que permite aplicá-la. Se por acaso ainda não tiverem passado as 8h necessárias para que a pasta de solda atinja a temperatura ambiente, o operador não poderá utilizá-la. Esta função veio ao mesmo tempo permitir que se consiga controlar o lote de pasta de solda por linha e quando este começou a ser utilizado.

### 👁 **Procedimentos durante a mudança de produto**

Existem já diversos formulários e procedimentos que ajudam o operador a efectuar o *change over* com maior segurança. O intuito nesta fase é ter apenas um formulário, chamado *checklist* que engloba todos os procedimentos relacionados com a mudança de produto. Além disso, é único e personalizado para cada um dos PCBs. A Figura 5.47 mostra o resultado da procura desse *checklist*.

Esta folha acompanha o “container” com os próximos PCBs a serem produzidos na linha. O operador tem que seguir passo-a-passo as indicações do *checklist* validando cada um dos items. Se um dos items não estiver conforme pede o *checklist* o operador pára imediatamente a mudança e solicita ajuda. No final da verificação, um outro operador valida o procedimento, efectuando novamente todos os passos.

Outro procedimento que se integrou nesse formulário é a utilização de placas de teste para a *printer* no início de cada produção. Estas placas não são mais do que PCBs exactamente iguais aos que vão entrar em produção, mas com a diferença que são lavados e utilizados indefinidamente. Este procedimento visa evitar que as duas primeiras placas de uma determinada produção, as quais acabam por ser aquelas que de certa forma testam a *printer*, fiquem mal impressas e tenham que ir para a reciclagem. As duas referidas placas, depois de impressas, são verificadas num microscópio, para se aquilatar sobre o centramento da pasta de solda.

## Changeover CheckList

Effective Date: 01-Set-2006

Content Review Date: 01-Set-2006

Page 1 of 1

Operador: \_\_\_\_\_

N. Controlo: \_\_\_\_\_

Equipe: 1: \_\_\_\_\_ 2: \_\_\_\_\_ 3: \_\_\_\_\_

Data: 20-06-2007

Hora: 14:48:54

Número de Listagem: 28047854

Nome: Saab Black Tie - 407US

## Dados Gerais:

PCB: 28047980	<input type="checkbox"/> sim	<input type="checkbox"/> não
Tipo: VIB Board	<input type="checkbox"/> sim	<input type="checkbox"/> não
Processo: 1ª Face a Produzir	<input type="checkbox"/> sim	<input type="checkbox"/> não
Linha: L-AA-004 ou: Não Existe	<input type="checkbox"/> sim	<input type="checkbox"/> não
SetUp: 043xxA ou: Não Existe	<input type="checkbox"/> sim	<input type="checkbox"/> não

## Marcação Laser:

Processo Não Aplicável ☐ sim

Programa: 000028047854	<input type="checkbox"/> sim	<input type="checkbox"/> não
------------------------	------------------------------	------------------------------

## Deposição Pasta/Adesivo:

Processo Não Aplicável ☐ sim

Programa: 28047828	<input type="checkbox"/> sim	<input type="checkbox"/> não
Material Auxiliar: Alpha Metal - Omnix 5002 (62Sn/36Pb/2Ag) 90-3-M13	<input type="checkbox"/> sim	<input type="checkbox"/> não
Suporte de PCB's verificado:	<input type="checkbox"/> sim	<input type="checkbox"/> não

## Inspeção SMT/THT:

Programa: 28047854 ou: Não Existe	<input type="checkbox"/> sim	<input type="checkbox"/> não
Index: C	<input type="checkbox"/> sim	<input type="checkbox"/> não
Local modelo: L73	<input type="checkbox"/> sim	<input type="checkbox"/> não

## 1ª PCB:

Verificar se o PCB esta conforme o modelo; verifique a orientação e polaridade dos componentes.	<input type="checkbox"/> sim	<input type="checkbox"/> não
---	------------------------------	------------------------------

## Observações:

--

## Código Barras:

Processo Não Aplicável ☐ sim

Código Barras: 0000	<input type="checkbox"/> sim	<input type="checkbox"/> não
---------------------	------------------------------	------------------------------

## Estufa:

Processo Não Aplicável ☐ sim

Programa: Programa 01	<input type="checkbox"/> sim	<input type="checkbox"/> não
-----------------------	------------------------------	------------------------------

## Documentação:

Registo de dados no QIS:	<input type="checkbox"/> sim	<input type="checkbox"/> não
Formulários no Q_DOC:	<input type="checkbox"/> sim	<input type="checkbox"/> não

## Radial:

Processo Não Aplicável ☐ sim

"Guide" Verificada:	<input type="checkbox"/> sim	<input type="checkbox"/> não
---------------------	------------------------------	------------------------------

## Inspeção SPI :

Processo Não Aplicável ☐ sim

Programa para SPI:	<input type="checkbox"/> sim	<input type="checkbox"/> não
--------------------	------------------------------	------------------------------

## Inspeção AOI:

Processo Não Aplicável ☐ sim

Programa para AOI:	<input type="checkbox"/> sim	<input type="checkbox"/> não
--------------------	------------------------------	------------------------------

## Parametros da DEK:

Processo Não Aplicável ☐ sim

Front Print Speed (50-150mm/s):	<input type="text"/>
Rear Print Speed (50-150mm/s):	<input type="text"/>
Proflow pressure (0.3-4.8Kg):	<input type="text"/>
Separation speed (0.1-20 s):	<input type="text"/>
Separation distance (0.1-3mm):	<input type="text"/>
Screen clean rate 1 (1-50):	<input type="text"/>
Forward X offset (+/-0.3mm):	<input type="text"/>
Forward Y offset (+/-0.3mm):	<input type="text"/>
Reverse X offset (+/-0.3mm):	<input type="text"/>
Reverse Y offset (+/-0.3mm):	<input type="text"/>
2D Inspection (On/Off):	<input type="text"/>

Controlador: \_\_\_\_\_

Verificador: \_\_\_\_\_

O controlador assina sempre e deve ser independente do processo (ex: afinador). Verificador assina em caso de erro (somente chefes ou sua substituição).

Notas: \_\_\_\_\_

Deve incluir neste campo notas sobre pre-series, provas de serie, testes, etc... bem como arranques de produção sem checklist formal.

Figura 5.47: Checklist actualmente utilizado na área SMT

### 👁 **Parâmetros da *printer***

Os parâmetros da *printer* constam também do *checklist*, mas isso não quer dizer que não precisem de ser ligeiramente alterados com o decorrer da produção. De qualquer forma, estão definidos no *checklist* os limites máximo e mínimo para a pressão e velocidade, afim de se evitar desvios demasiado grandes e perigosos.

### 👁 **Tela**

Além de se manter a auditoria das telas de três em três semanas, fez-se um pedido de alteração para o referido software RAP, de modo que este contabilize o número de impressões efectuadas por cada tipo de tela. Como o RAP já tem a informação sobre qual o PCB e respectiva quantidade produzida, é relativamente fácil contabilizar o número de utilizações. Com esta contagem, será sempre garantido que o número máximo de utilizações recomendado nunca é ultrapassado. Esta proposta deverá ficar implementada até final do ano de 2007.

Em termos de limpeza da tela, constatou-se que mesmo depois de estas serem lavadas num equipamento próprio para o efeito, ainda podem permanecer alguns resíduos agarrados, nomeadamente pequenas bolas de solda. Por essa razão, vai implementar-se um procedimento de limpeza imediatamente antes da sua utilização, que passa por raspar a tela com uma espátula adequada.

### 👁 **Proflow**

Em relação ao *proflow*, também não se podem efectuar muitas análises ou medidas. Baseados no histórico e nas experiências passadas, optou-se por efectuar uma limpeza semanal a cada um dos *proflows*. Esta limpeza implica lavagem total e verificação do estado das lâminas. Claro que esta solução implicou a compra de *proflows* suplentes, por forma a que a produção nunca pare.

## **5.5 - Verificação da eficácia das acções implementadas**

Comparando as métricas da qualidade antes e depois da finalização do projecto, as melhorias são evidentes. Obviamente que os actuais valores não baixaram somente devido a este projecto, outras acções decorreram, e continuam a decorrer todos os

dias. As acções de melhoria realizadas na linha 5 são, sempre que possível, implementadas nas restantes linhas.

A Figura 5.48 mostra a evolução positiva dos defeitos no cliente final.

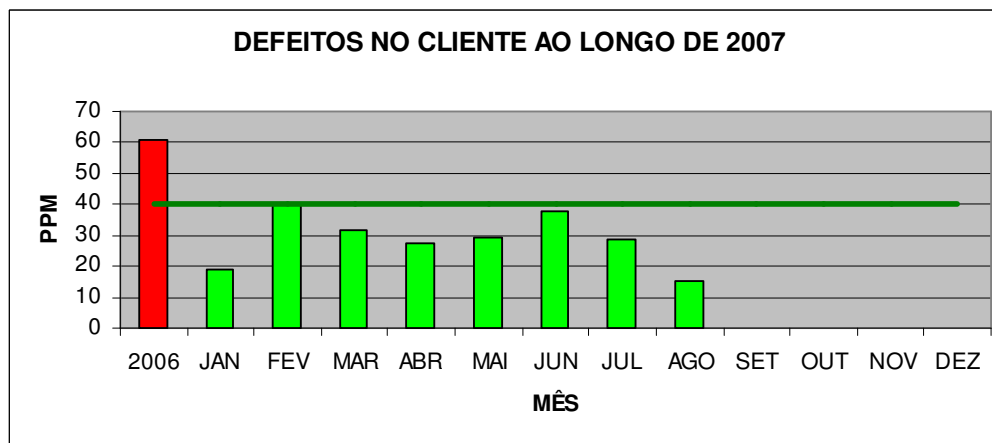


Figura 5.48: Evolução mensal dos defeitos no cliente em 2007

Comparativamente a 2006, os defeitos no cliente final baixaram 50%, de 61 PPM para os actuais 31 PPM (cálculo desde o início do ano). Dado que o objectivo é 40 PPM, está em análise um novo e ainda mais ambicioso objectivo.

A evolução mensal do FTQ na área SMT é também positiva (Figura 5.49). Até Agosto de 2007, o valor era de 4712 PPM, o que significa que comparativamente ao ano de 2006 o FTQ que baixou em 30%.

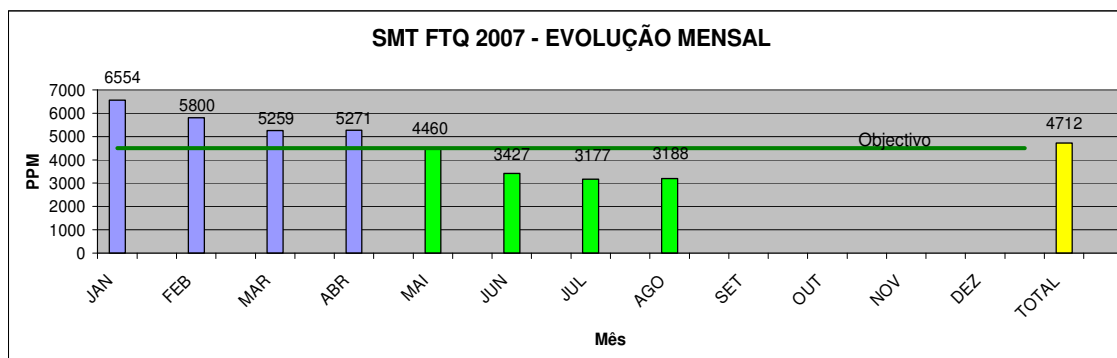


Figura 5.49: Evolução mensal do FTQ na área SMT de Janeiro a Agosto de 2007

Até agora, todos os meses de 2007 apresentam níveis abaixo do valor final de 2006 (6700 PPM), o que dá actualmente 4712 PPM, muito perto do objectivo de 4500

PPM previamente definido. Se a tendência continuar a manter-se, o objectivo deve ser re-calculado para um valor ainda mais ambicioso, apesar de que, quando se atingem valores cada vez mais baixos, a melhoria requer esforços cada vez maiores e com menores ganhos absolutos.

Em termos de tipos de defeitos verificados na área SMT, conforme se pode constatar nas Tabelas 5.6 e 5.7, os problemas de soldadura representam actualmente 30% do total das não conformidades dessa área, contra os 42% de 2006. Além disso, em 2006 o tipo de defeito mais frequente era relacionado com soldadura (“Curto de solda”), enquanto que actualmente esse mesmo defeito está no número 3 da lista.

<b>Dados de FTQ de Janeiro a Julho de 2007</b>			
<b>Tipo de defeito</b>	<b>Quantidade</b>	<b>FTQ (PPM)</b>	<b>Contribuição dos defeitos de soldadura para o total dos defeitos da área SMT</b>
Descentrado	5847	1221	
Falta	4510	941	
<b>Curto de solda</b>	<b>3381</b>	<b>706</b>	<b>14,9%</b>
Levantado	2909	607	
<b>Pouca/sem solda</b>	<b>2436</b>	<b>509</b>	<b>10,8%</b>
Rodado	959	200	
Invertido	660	138	
<b>Sujidade</b>	<b>632</b>	<b>132</b>	<b>2,8%</b>
Danificado	394	82	
Tombstone	389	81	
Defeituoso	202	42	
<b>Excesso de solda</b>	<b>112</b>	<b>23</b>	<b>0,5%</b>
<b>Resto de solda</b>	<b>79</b>	<b>16</b>	<b>0,3%</b>
Oxidado	57	12	
Desconhecido	27	6	
Pernos oxidados	11	2	
Trocado	8	2	
Má reparação	5	1	
Com superfluxo	3	1	
Componentes em excesso no PCB	1	0	
Alteração	1	0	
<b>TOTAL</b>	<b>22623</b>	<b>4722</b>	<b>29,4%</b>

Tabela 5.6: Todos os defeitos de soldadura, por tipo, na área SMT de Janeiro a Julho de 2007

Dados de Janeiro a Julho de 2007		
Tipo de defeito	Quantidade	PPMs
Curto de solda	3381	706
Pouca/sem solda	2436	509
Sujidade	632	132
Excesso de solda	112	23
Resto de solda	79	16
<b>TOTAL</b>	<b>6640</b>	<b>1386</b>

Tabela 5.7: Top 5 dos defeitos de soldadura na área SMT de Janeiro a Julho de 2007

Dados de FTQ de Janeiro a Julho de 2007 da linha 5			
Tipo de defeito	Quantidade	FTQ (PPM)	Contribuição dos defeitos de soldadura para o total dos defeitos da área SMT
Descentrado	354	1049	
Pouca/sem solda	294	871	17,9%
Falta	282	836	
Levantado	275	815	
Curto de solda	150	444	9,1%
Sujidade	73	216	
Rodado	73	216	
Danificado	61	181	
Invertido	35	104	
Tombstone	23	68	
Oxidado	5	15	
Resto de solda	5	15	0,3%
Pernos oxidados	4	12	
Excesso de solda	3	9	0,2%
Defeituoso	2	6	
Com superfluxo	1	3	
<b>TOTAL</b>	<b>1640</b>	<b>4859</b>	<b>27,6%</b>

Tabela 5.8: Pareto dos defeitos de soldadura na linha 5 de Janeiro a Julho de 2007

Na linha 5 a evolução é igualmente positiva, verifica-se uma diminuição no *FTQ* de 40%, de 8400 PPM para 4859 PPM.



## **CAPÍTULO 6 – Conclusões**

### **6.1 – Conclusões sobre o projecto realizado**

O nível de conhecimento da metodologia 6-Sigma foi fortalecido e alicerçado neste projecto. A utilização de algumas das ferramentas de suporte foi um ponto extremamente positivo, embora em ambiente industrial o recurso “tempo” impede que se vá mais além. No entanto, outros projectos futuros já delineados trarão a possibilidade de se utilizar o DOE e outras ferramentas da metodologia. Desta forma, o projecto, além dos resultados alcançados, servirá para justificar o início de outros projectos.

Além dos óbvios e já demonstrados benefícios que o projecto trouxe de forma directa e indirecta para a empresa, em termos pessoais foi uma experiência inequivocamente enriquecedora. Colocar em prática todos os conhecimentos adquiridos durante a formação BB representou uma conquista importante para a empresa e para o mestrando.

As actuais métricas da qualidade da Delphi-Grundig permitem olhar para o futuro com optimismo, mas com a consciência clara que a juntar ao trabalho já realizado é preciso, logicamente, não descurar a vertente ligada ao custo de um auto-rádio. A metodologia 6-Sigma ajudou a resolver problemas e com isso aumentou a margem de manobra negocial. No entanto, é importante avaliar/estimar o custo da utilização destas metodologias. É vital que toda a organização esteja alinhada e conheça a metodologia.

O facto de se ficar a conhecer muito bem a máquina SPI, desencadeou uma série de acções conjuntas com o fornecedor, levando-o a sentir que a melhoria contínua deverá estar em todo o lado. Mas, principalmente, este projecto demonstrou que a organização Delphi-Grundig compreende perfeitamente as limitações e capacidades da máquina e que sente a necessidade de ter um equipamento que vá de encontro aos níveis de qualidade pretendidos.

Durante a realização da dissertação, o mestrando também recebeu formação sobre as técnicas Shainin, o que entretanto possibilitou que fosse possível comparar resultados, com dois projectos paralelos. Foi claro que os dois métodos de melhoria

contínua são muitas vezes complementares e que existem vantagens em utilizá-los conforme o tipo de problema e o contexto que o envolve.

O projecto realizado contribuiu ainda para o aumento da motivação dos colaboradores, pois é sempre motivo de orgulho sentir que se faz parte de uma equipa que trabalha verdadeiramente em prol da qualidade. O facto de se aumentar constantemente os níveis de qualidade e com isso melhorar a posição estratégica da Delphi-Grundig tanto a nível externo como dentro do grupo Delphi, é por si só um factor motivacional.

Pode afirmar-se que o objectivo principal da dissertação foi plenamente atingido. A aplicação das ferramentas da metodologia 6-Sigma contribuiu para a melhoria do processo de soldadura *reflow*.

Este sucesso não marca nem o início nem tão pouco o fim de toda uma cultura de melhoria contínua existente na Delphi-Grundig. Foi apenas mais um passo na procura da excelência com um azimute tirado para a meta dos zero defeitos.

## **6.2 – Limitações**

Dada a enorme quantidade de informação existente sobre a metodologia 6-Sigma, não foi possível efectuar toda a análise bibliográfica desejada. O facto de a Delphi-Grundig ter uma excelente biblioteca sobre esta temática minimizou por outro lado o dispêndio de tempo. No entanto, foi importante perceber o “mundo do 6-Sigma” fora da Delphi-Grundig.

Foi complicado perceber qual a dimensão da utilização de metodologias de melhoria contínua em Portugal, nomeadamente o 6-Sigma. No entanto, com base em exercícios de *benchmarking* realizado noutras empresas, ficou-se com a perspectiva que ainda é pouco utilizado. Tal pode ser explicado pelos custos da formação desta metodologia que pode limitar a sua adopção por pequenas e médias empresas. No entanto, apesar dos custos de formação o investimento pode ter retorno a curto ou médio prazo.

Durante a realização das experiências inerentes ao projecto, surgiram obviamente limitações relacionadas com o tempo de ocupação das linhas de produção e a criação de produtos não conformes que por sua vez contribuíram, ainda que de forma muito controlada, para o aumento dos custos da empresa com a reciclagem. Estas limitações foram no entanto encaradas como potenciais de melhoria e nunca obstáculos.

### **6.3 – Desenvolvimentos futuros**

Os próximos passos a dar para melhorar ainda mais a qualidade na área SMT estão claramente definidos. A primeira tarefa é testar, durante o próximo mês de Novembro, a nova máquina proposta pela Viscom, visto que a actual não vai de encontro às necessidades pretendidas. Este teste incluirá medidas em linha com produção normal e o indispensável MSE.

Caso os testes com a nova máquina decorram como se espera e se dê a compra/troca deste novo equipamento, sugerirão imensas possibilidades para se efectuarem experiências. Desde logo serão efectuadas medidas para se perceber a influência do estado do *proflow* (cheio ou quase vazio) na qualidade da deposição de pasta. Esta experiência pode revelar-se muito positiva a todos os níveis, uma vez que mesmo o fornecedor da máquina não tem dados concretos sobre se o comportamento do *proflow* é o mesmo independentemente de estar cheio ou quase vazio.

Outro teste a considerar será a verificação do impacto do sistema de limpeza da máquina de deposição de pasta de solda. A quantidade de pasta de solda que é depositada poderá ser diferente nas placas imediatamente a seguir à limpeza da tela. Os DOE serão, nessa altura, uma ferramenta muito valiosa para encontrar correlações entre factores, nomeadamente entre os parâmetros da máquina.

Pretende-se ainda criar uma ligação física entre as máquinas SPI (inspecção da deposição da pasta de solda) e AOI (inspecção da soldadura), possibilitando que, por exemplo, qualquer placa que tenha sido rejeitada pela SPI faça despoletar um alerta na AOI.

Ainda na sequência das alterações nesta máquina, principalmente depois de instalada a referida ligação de rede, deverá iniciar-se o registo dos defeitos encontrados na SPI, tal como é efectuado na AOI.

Em termos de desenvolvimentos futuros da formação contínua nas metodologias 6-Sigma, o mestrando tem como objectivo ser o formador da próxima vaga de candidatos a GB.

Além disso, pretende receber formação avançada na área dos critérios de aceitação de soldadura (IPC-A-610). O objectivo é posteriormente definir de forma mais clara as janelas de aceitação para os parâmetros da máquina de inspecção SPI.

## Referências Bibliográficas

AEP – Associação Empresarial de Portugal (2003), “Qualidade – Manual Pedagógico PRONACI (Programa Nacional de Qualificação de Chefias Intermédias)”, DQMF-Formação Profissional, Lda, Portugal.

A.I.A.G. (1990), “Measurement Systems Analysis Reference Manual”.

Arto Haikonen, Taina Savolainen e Pekka Farvinen (2004), “Exploring Six Sigma and CI capability development: preliminary case study findings on management role”, Journal of Manufacturing Technology Management, Emerald Group Publishing Limited, Volume 15, Number 4, pp 369-378, Helsinki University of Technology Lathi Center, Saimaankatu, Finland.

Associação Empresarial de Portugal, <http://www.aeportugal.pt>, acedido em 10/04/2007.

Associação Portuguesa de Certificação, <http://www.apcer.pt>, acedido em 10/04/2007.

Association Connecting Electronics Industries, <http://ipc.org>, acedido em 10/04/2007.

A. V. Feigenbaum (1983), “Total Quality Control, McGraw-Hill”, New York.

Benjamim S. Bloom (1956), “Taxonomy of Educational Objectives, Handbook 1: Cognitive Domain”.

D. C. Montgomery (2001), “Introduction to Statistical Quality Control”, Wiley, New York.

DEK (2004), “Training: PIC – Process-in-Control”, Weymouth, England, <http://www.dek.com>.

Delphi Corporation – Driving Tomorrow's Technology, <http://www.delphi.com>.

Delphi (2004), "Six Sigma Green Belt training – Training Manual", Volume 1, Braga.

Delphi (2004), "Delphi Problem Solving – Training Manual", Bad Kruznach – Germany.

D. Garvin (1988), "Managing Quality. The Startegic and Competitive Edge", The Free Press, New York.

George E.P. Box, J. Stuart Hunter e William G. Hunter, (2005), "Statistics for Experimenters – Design, Innovation, and Discovery", Second Edition, Wiley Interscience.

G. H. Hahn, W. Hill, R. W. Hoerl and S. A. Zinkgraf (1999), "The impact os six sigma improvement: a glimpse into the future of statistics", The American Statistician v.53, p.1-8.

G. H. Watson (2000), "Seis sigma na gestão dos negócios", Banas Qualidade, n.99, p.82-86, São Paulo.

Group AIT Europe (2003), "Advanced Integrated Technologies Group", Six Sigma Black Belt training, Volume 1, Luxembourg.

Group AIT Europe (2003), "Advanced Integrated Technologies Group", Six Sigma Black Belt training, Volume 2, Luxembourg.

Group AIT Europe (2003), "Advanced Integrated Technologies Group", Six Sigma Black Belt training, Volume 3, Luxembourg.

Group AIT Europe (2003), "Advanced Integrated Technologies Group", Six Sigma Black Belt training, Volume 4, Luxembourg.

Henderson, Evans (2000), "Sucessful implementation of six sigma: Benchmarking

General Electric Company”, Benchmarking and International Journal, v.7, n. 4, p.260-281.

Hitoshi Kume, (1985), “Métodos Estatísticos para Melhoria da Qualidade”, Editora Gente.

“Instituto Português da Qualidade”, <http://www.ipq.pt>, acedido em 10/04/2007.

J. Antony and R. Banuelas (2001), “A strategy for survival manufacturing Engineer”, 80(3), p.119-121.

J. Antony and R. Banuelas (2002), “Key ingredients for the effective implementation of six sigma program”, Measuring Business Excellence, 6(4), p.20-27.

J. Juran and A. Godfrey (1999), “Juran’s Quality handbook”, 5<sup>th</sup> ed., McGraw-Hill, New York.

José Paulo Mazocolo e José Benedito Sacomano, “Six Sigma como Estratégia de Manufatura”.

J. P. Kotter (1997), “Muutos vaatii johtajuutta (Original: Leading Change)”, Rastor, Helsinki.

Kai Yang, Basem El-Haik (2003), “Design for Six Sigma – A Roadmap for Product Development”, McGraw-Hill, New York

Mary Federico, Renee Beaty (2003), “Six Sigma Team Pocket Guide”, McGraw-Hill.

M. Beer, R. Eisenstat and B. Spector (1990), “The critical Path to Corporate Renewal”, Harvard Business School Press, Boston, MA.

M. Harry and R. Schroeder (2000), “Six Sigma: Breakthrough Mangement Strategy Revolutionising the World’s Top Corporations”, Doubleday, New York.

Mikel J. Harry, "QSM 754 Six Sigma Applications Agenda", The National Graduate School, Business Education in the e-Commerce Age, v.7, p.19.

M. L: Tushman and E. Romanelli (1985), "Organizational evolution: a metamorphosis model of convergence and reorientation", research in Organizational Behavior, v.7, p. 171-222.

Nihar Ranjan Senapati (2004), "Quality and Reliability Corner – Six Sigma: myths and realities", Avici Systems, Inc, North Billerica, Massachusetts, USA.

Pande, P.S., Neuman, R.P. and Gavanagh, R.R. (2000), "The Six Sigma Way, How GE, Motorola, and Other Top Companies Are Honing Their Performance", McGraw-Hill, New York.

P. Bayle, M. Farrington, B. Sharp, C. Hild and D. Sanders (2001), "Illustration of six sigma assistance on a design project", Quality Engineering, v.3, p.341-348, Tennessee.

P. Crosby (1979), "Quality is free", The Art of Making Quality Certain, New American Library, New York.

R. Coronado, B.& J. Antony (2002), "Critical factors for the successful implementation of six sigma projects in organisations", The TQM Magazine, v.14, n.2, p.92-99.

Ricardo Banuelas Coronado e Fiju Antony (2002), "Critical success factors for the successful implementation of six sigma projects in organisations", The TMQ Magazine, MCP UP Limited, Volume 14, number 2, pp 92-99, University of Warwick, Coventry, UK.

R. McClusky (2000), "The Rise, fall, and revival of six sigma", Measuring Business Excellence v.4(2), p. 6-17.



R. J. Craig (1993), "Six Sigma Quality, the Key to Customer Satisfaction", 47<sup>th</sup> Annual Quality Congress, Boston, MA, DuPont Connector Systems, Clearfield, PA, p.206-12.

R. M. Kanter (1983), "The Change Masters", Corporate Entrepreneurs at Work, Simon & Schuster, New York.

Rodney McAdam e Brendan Lafferty (2004), "A multilevel case study critique of six sigma: statistical control or strategic change", International Journal of Operations & Production Management, Emerald Group Publishing Limited, Volume 24, Nº5, pp 530-549, University of Ulster, Belfast, UK.

Ron Phipps (2006), "Lean & Six Sigma in Healthcare: Overview & laboratory case study".

R. W. Hoerl and R. D. Snee (2002), "Statistical Thinking Improving Business Performance", Duxbury Press/Thomphon Learning, San Jose.

Shainin LLC Confidential (2004), "Problem Solving for Manufacturing – Red X Strategies", <http://www.shainin.com>.

Siqueira Campos (2000), "Causa e Efeito – Seminário Executivo Seis Sigma", Porto Alegre.

Six Sigma Academy (2001-2004), "Introduction to Six Sigma and Lean", Scottsdale, US, <http://www.6-sigma.com>, acedido em 10/04/2007.

S. J. Mezias and M. A. Glynn (1993), "The three faces of corporate renewal: institution, revolution, and evolution", Strategic management Journal, v.14, p.77-101.

S. Salzman, L. T. Rabeneck and S. K. Rabeneck (2002), "Comprehensive Six Sigma Reference Guide", Corporate Document Services, Kansas City.

Thomas Pyzdek (2003), "The Six Sigma Project Planner – A Step-By-Step Guide to Leading a Six Sigma Project Through DMAIC", McGraw-Hill, New York

Tilo Pfeifer, Wolf Reissiger e Claudia Canales (2002), "Integrating six sigma with quality management systems", The TMQ Magazine, Emerald Group Publishing Limited, Volume 16, number 4, pp 241-249, Aachen Germany.

Topline products, <http://www.topline.tv/Products.cfm>, acessado em 10/04/2007.

"Training and certification program – Acceptability of electronics Assemblies", <http://www.ipc.org>, acessado em 10/04/2007.

Underwriters Laboratories, <http://www.ul-brasil.com>, acessado em 10/04/2007.

Vincent Laboucheix/vários, "Tratado da Qualidade Total", Rés-Editora, Lda.

Viscom Vision Technology, <http://www.viscom.com>.

Watson, G. H. (2000), Seis sigma na gestão dos negócios, Banas Qualidade, São Paulo, n.99, p.82-86

W. E. Deming (1982), "Quality, Productivity and Competitive Position", MIT Center for Advanced Engineering Study, Cambridge, USA.

Werkema, M. C. C., (2002), "Criando a cultura seis sigma", Qualitymark, Rio de Janeiro

Young Hoon Kwak e Frank T. Anbari (2004), "Benefits, obstacles, and future of six sigma approach", Elsevier Ltd, <http://sciencedirect.com>, acessado em 10/04/2007.

## **Anexos**

## ANEXO I – Resultados das medidas para análise “Xbar R Chart”

### RESULTADOS DAS MEDIDAS “2D”;

#### Xbar-R Chart of Area

#### Xbar-R Chart of Desvio X

#### Xbar-R Chart of Desvio Y

#### Test Results for Xbar Chart of Area

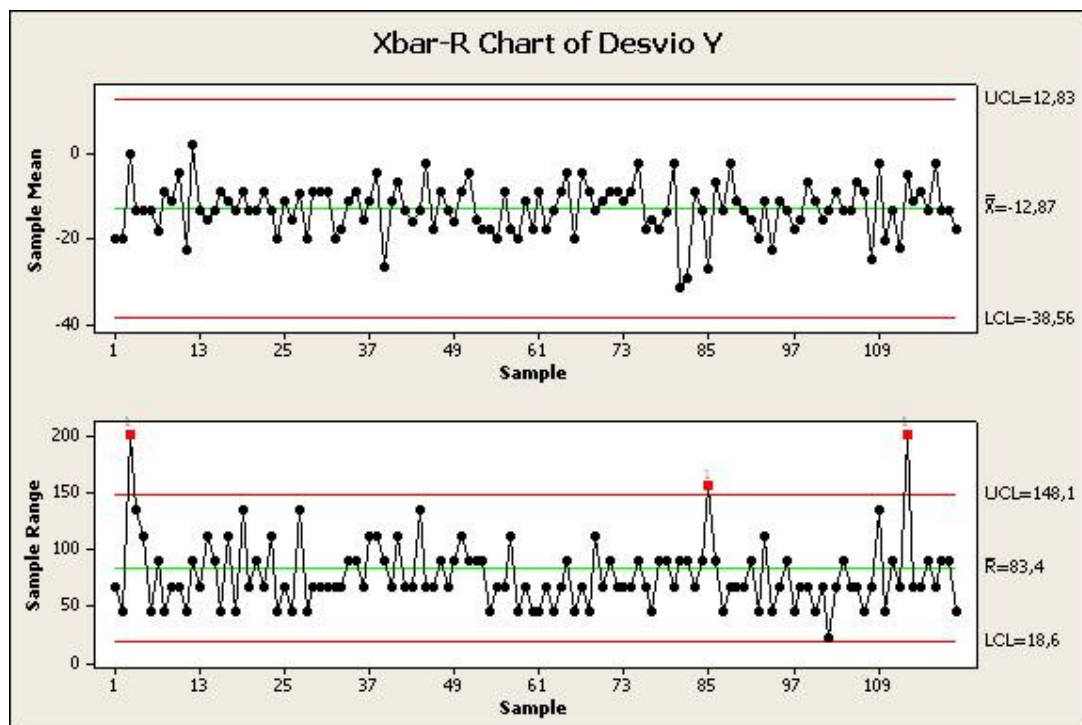
TEST 1. One point more than 3,00 standard deviations from center line.  
Test Failed at points: 11; 39

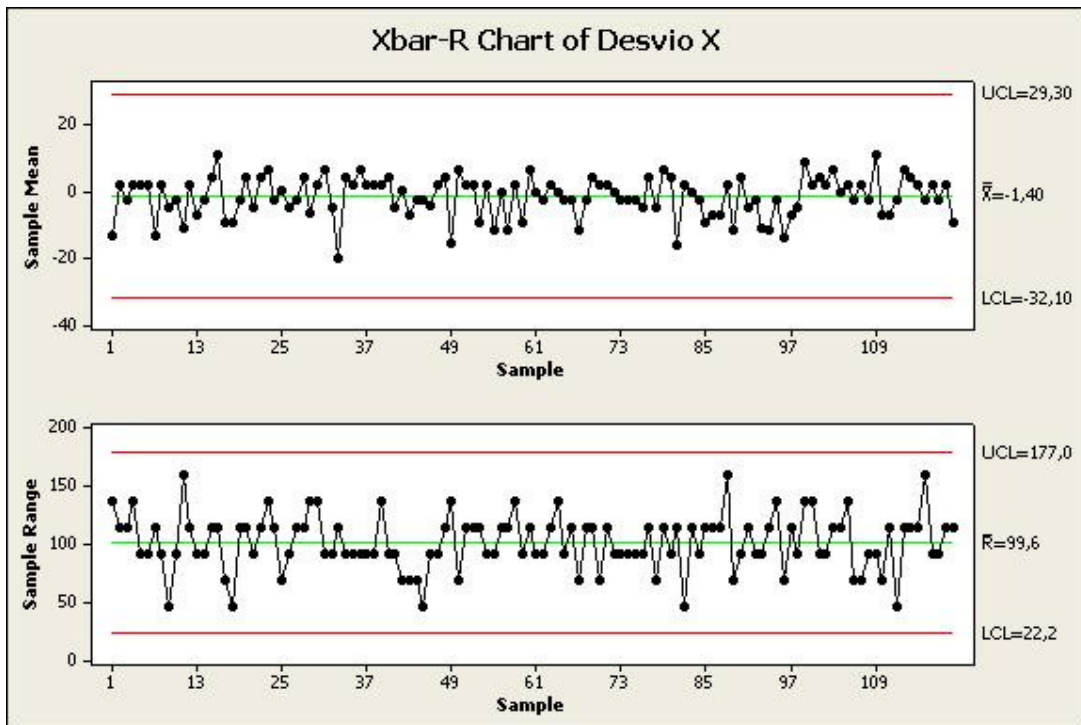
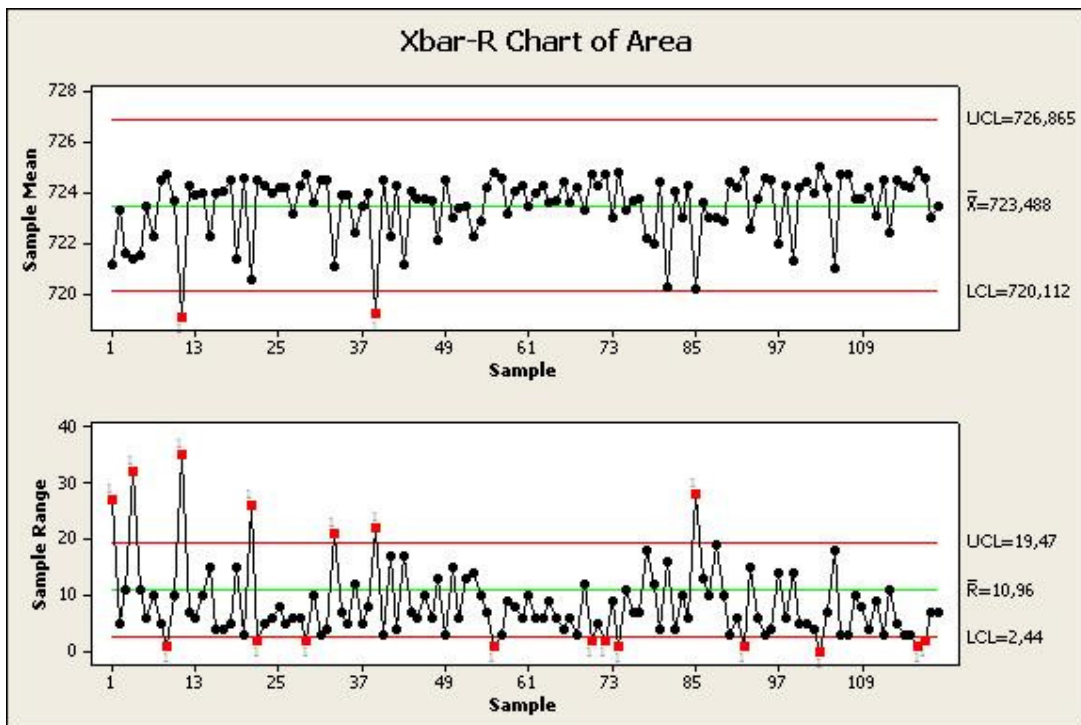
#### Test Results for R Chart of Area

TEST 1. One point more than 3,00 standard deviations from center line.  
Test Failed at points: 1; 4; 9; 11; 21; 22; 29; 33; 39; 56; 70; 72; 74; 85;  
92; 103; 117; 118

#### Test Results for R Chart of Desvio Y

TEST 1. One point more than 3,00 standard deviations from center line.  
Test Failed at points: 3; 85; 113





## **RESULTADOS DAS MEDIDAS “3D”**

### **Xbar-R Chart of Area**

### **Xbar-R Chart of Desvio X**

### **Xbar-R Chart of Desvio Y**

### **Xbar-R Chart of Altura**

### **Xbar-R Chart of Volume**

#### **Test Results for Xbar Chart of Area**

TEST 1. One point more than 3,00 standard deviations from center line.  
Test Failed at points: 37

#### **Test Results for R Chart of Area**

TEST 1. One point more than 3,00 standard deviations from center line.  
Test Failed at points: 9; 21; 37; 40; 44; 50; 52; 68; 72; 74; 78; 94; 98; 110;  
111; 114

#### **Test Results for Xbar Chart of Desvio X**

TEST 1. One point more than 3,00 standard deviations from center line.  
Test Failed at points: 40

#### **Test Results for R Chart of Desvio X**

TEST 1. One point more than 3,00 standard deviations from center line.  
Test Failed at points: 30; 32; 87

#### **Test Results for R Chart of Desvio Y**

TEST 1. One point more than 3,00 standard deviations from center line.  
Test Failed at points: 51; 73; 104; 117

#### **Test Results for Xbar Chart of Altura**

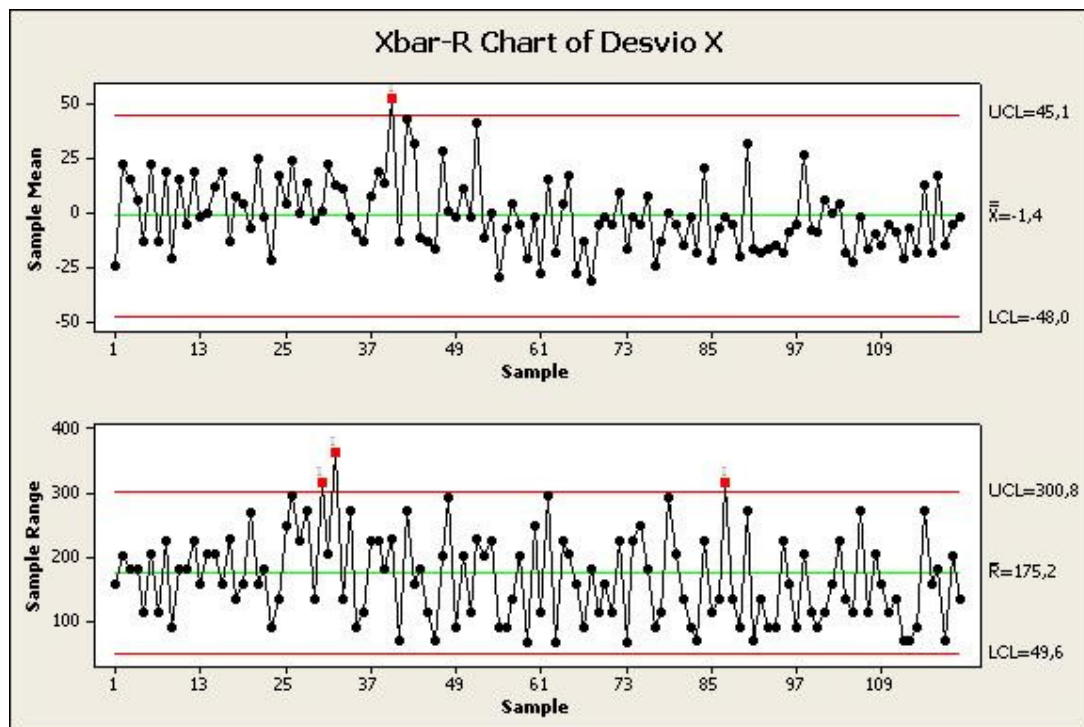
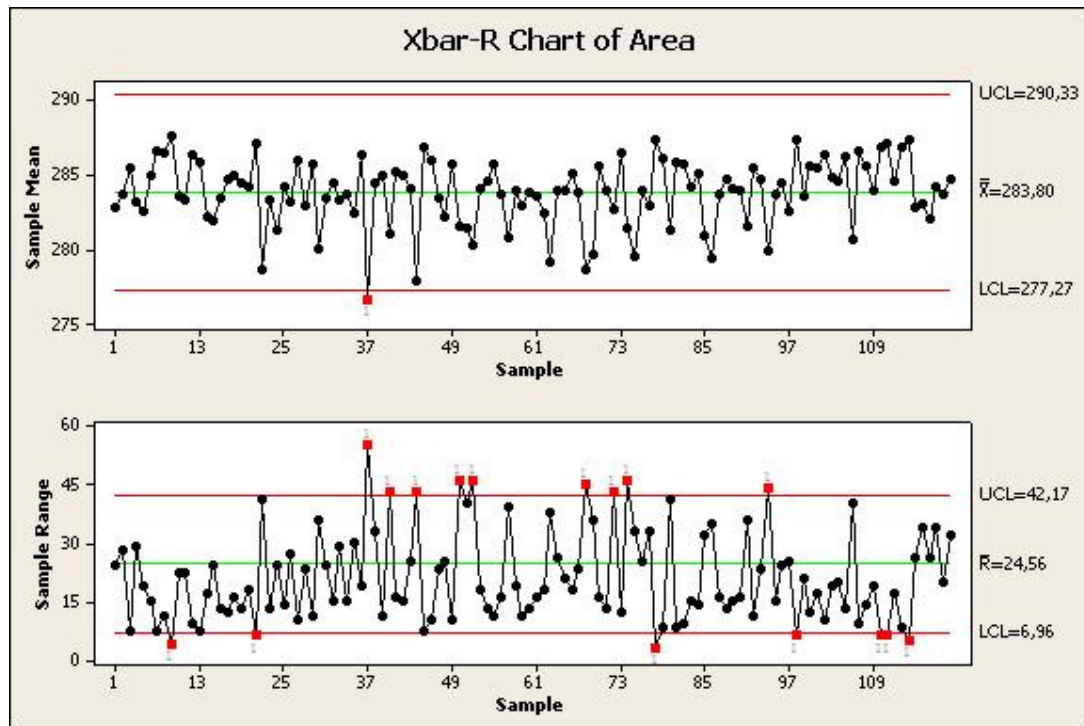
TEST 1. One point more than 3,00 standard deviations from center line.  
Test Failed at points: 3; 4; 13; 24; 35; 37; 46; 50; 59; 72; 73; 84; 88; 93;  
96; 107; 109; 111; 117

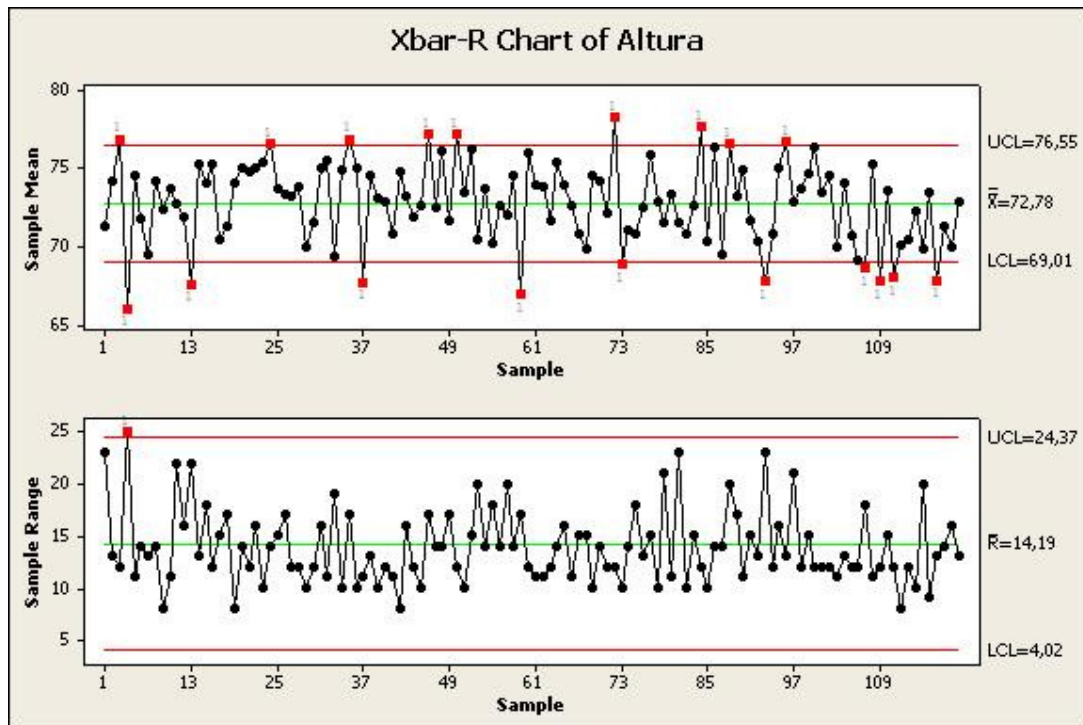
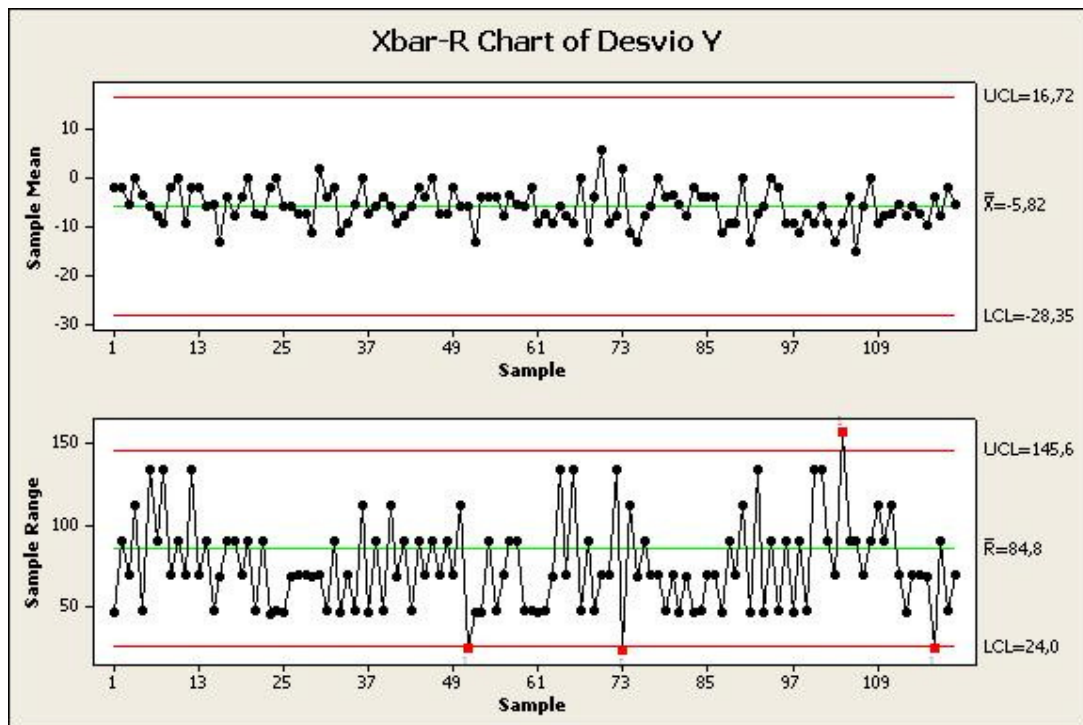
#### **Test Results for R Chart of Altura**

TEST 1. One point more than 3,00 standard deviations from center line.  
Test Failed at points: 4

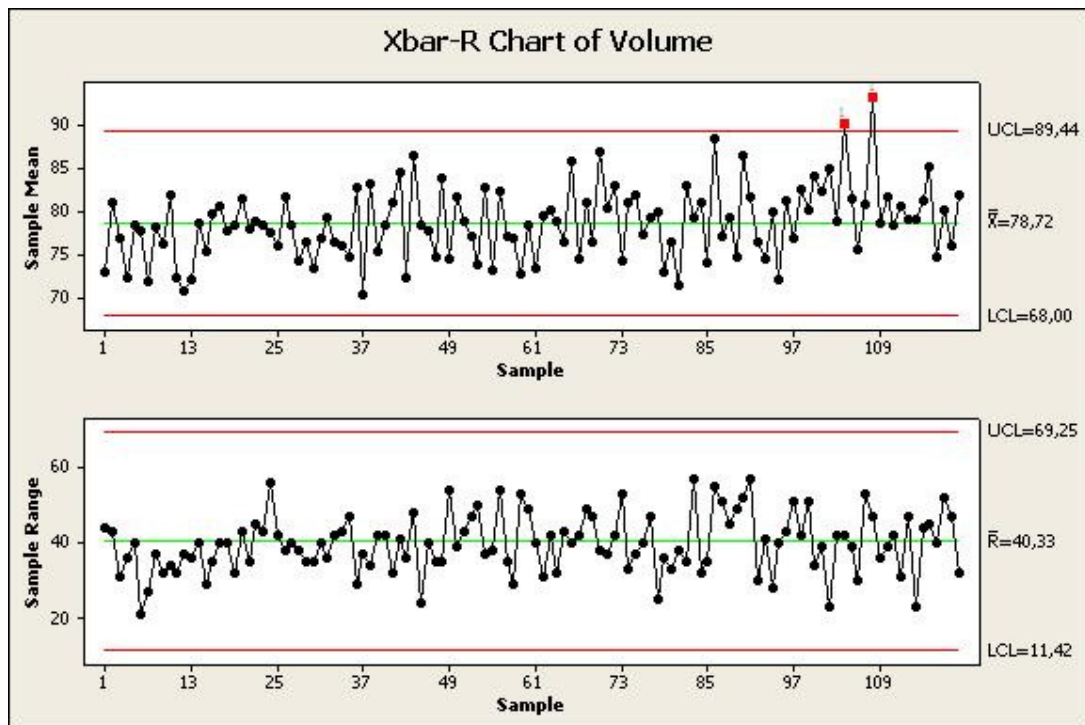
## Test Results for Xbar Chart of Volume

TEST 1. One point more than 3,00 standard deviations from center line.  
 Test Failed at points: 104; 108









## ANEXO II - Resultados dos sucessivos estudos MSE

### Resultados do primeiro MSE

#### DADOS “2D” UTILIZADOS PARA ANÁLISE;

PCB	Measure nº	Time	Barcode	Component	PAD	Area	X	Y	PCB	Measure nº	Time	Barcode	Component	PAD	Area	X	Y
1	1	17:06	3350370000000	CC02	1	724	-67	-23	3	2	18:06	3350370000000	CR2309	6	725	67	0
1	1	17:06	3350370000000	CC02	2	718	0	23	3	2	18:06	3350370000000	CR843	7	725	67	0
1	1	17:06	3350370000000	CC2041	3	721	-45	0	3	2	18:06	3350370000000	CR843	8	725	-67	0
1	1	17:06	3350370000000	CC2041	4	725	67	-45	3	2	18:06	3350370000000	CR927	9	725	22	-23
1	1	17:06	3350370000000	CR2309	5	725	-22	0	3	2	18:06	3350370000000	CR927	10	725	22	-23
1	1	17:06	3350370000000	CR2309	6	725	45	-45	3	3	18:07	3350370000000	CC02	1	724	-112	0
1	1	17:06	3350370000000	CR843	7	725	45	-23	3	3	18:07	3350370000000	CC02	2	725	0	0
1	1	17:06	3350370000000	CR843	8	725	-45	0	3	3	18:07	3350370000000	CC2041	3	725	0	23
1	1	17:06	3350370000000	CR927	9	725	22	-23	3	3	18:07	3350370000000	CC2041	4	719	67	-23
1	1	17:06	3350370000000	CR927	10	725	45	68	3	3	18:07	3350370000000	CR2309	5	725	0	-45
1	2	17:07	3350370000000	CC02	1	725	-90	-23	3	3	18:07	3350370000000	CR2309	6	725	45	0
1	2	17:07	3350370000000	CC02	2	719	22	23	3	3	18:07	3350370000000	CR843	7	725	67	0
1	2	17:07	3350370000000	CC2041	3	721	-45	0	3	3	18:07	3350370000000	CR843	8	725	-67	0
1	2	17:07	3350370000000	CC2041	4	725	67	-45	3	3	18:07	3350370000000	CR927	9	725	45	-23
1	2	17:07	3350370000000	CR2309	5	725	0	-23	3	3	18:07	3350370000000	CR927	10	725	22	-23
1	2	17:07	3350370000000	CR2309	6	725	45	-23	4	1	18:29	3350370000000	CC02	1	725	-90	-45
1	2	17:07	3350370000000	CR843	7	725	67	-23	4	1	18:29	3350370000000	CC02	2	704	-22	0
1	2	17:07	3350370000000	CR843	8	724	-45	23	4	1	18:29	3350370000000	CC2041	3	718	-22	-23
1	2	17:07	3350370000000	CR927	9	725	0	0	4	1	18:29	3350370000000	CC2041	4	718	90	-23
1	2	17:07	3350370000000	CR927	10	725	67	68	4	1	18:29	3350370000000	CR2309	5	720	0	0
1	3	17:08	3350370000000	CC02	1	725	-67	-23	4	1	18:29	3350370000000	CR2309	6	725	67	-45
1	3	17:08	3350370000000	CC02	2	716	0	0	4	1	18:29	3350370000000	CR843	7	725	22	-23
1	3	17:08	3350370000000	CC2041	3	722	-45	-23	4	1	18:29	3350370000000	CR843	8	716	-67	0
1	3	17:08	3350370000000	CC2041	4	724	67	-45	4	1	18:29	3350370000000	CR927	9	725	0	-23
1	3	17:08	3350370000000	CR2309	5	725	-22	-23	4	1	18:29	3350370000000	CR927	10	717	112	90
1	3	17:08	3350370000000	CR2309	6	725	45	-23	4	2	18:30	3350370000000	CC02	1	725	-90	-23
1	3	17:08	3350370000000	CR843	7	725	45	0	4	2	18:30	3350370000000	CC02	2	709	-22	23
1	3	17:08	3350370000000	CR843	8	722	-45	23	4	2	18:30	3350370000000	CC2041	3	722	0	-23
1	3	17:08	3350370000000	CR927	9	725	22	-45	4	2	18:30	3350370000000	CC2041	4	722	45	0
1	3	17:08	3350370000000	CR927	10	725	45	68	4	2	18:30	3350370000000	CR2309	5	721	0	0
2	1	17:35	3350370000000	CC02	1	725	-67	-45	4	2	18:30	3350370000000	CR2309	6	725	67	-45
2	1	17:35	3350370000000	CC02	2	723	22	23	4	2	18:30	3350370000000	CR843	7	716	67	0
2	1	17:35	3350370000000	CC2041	3	722	-45	45	4	2	18:30	3350370000000	CR843	8	725	-45	0
2	1	17:35	3350370000000	CC2041	4	722	45	-45	4	2	18:30	3350370000000	CR927	9	725	-22	0
2	1	17:35	3350370000000	CR2309	5	722	0	0	4	2	18:30	3350370000000	CR927	10	725	90	68
2	1	17:35	3350370000000	CR2309	6	725	0	0	4	3	18:30	3350370000000	CC02	1	724	-90	-45
2	1	17:35	3350370000000	CR843	7	725	67	-23	4	3	18:30	3350370000000	CC02	2	714	0	23
2	1	17:35	3350370000000	CR843	8	725	-45	0	4	3	18:30	3350370000000	CC2041	3	719	-22	0
2	1	17:35	3350370000000	CR927	9	725	0	0	4	3	18:30	3350370000000	CC2041	4	722	45	-23
2	1	17:35	3350370000000	CR927	10	719	-22	68	4	3	18:30	3350370000000	CR2309	5	725	-22	-23
2	2	17:35	3350370000000	CC02	1	725	-45	-45	4	3	18:30	3350370000000	CR2309	6	725	67	-45
2	2	17:35	3350370000000	CC02	2	717	-45	0	4	3	18:30	3350370000000	CR843	7	725	0	-23
2	2	17:35	3350370000000	CC2041	3	720	-45	0	4	3	18:30	3350370000000	CR843	8	718	-67	0
2	2	17:35	3350370000000	CC2041	4	723	45	-23	4	3	18:30	3350370000000	CR927	9	725	0	0
2	2	17:35	3350370000000	CR2309	5	721	0	23	4	3	18:30	3350370000000	CR927	10	725	90	68
2	2	17:35	3350370000000	CR2309	6	725	0	-23	5	1	18:55	3350370000000	CC02	1	725	-45	0
2	2	17:35	3350370000000	CR843	7	721	67	-23	5	1	18:55	3350370000000	CC02	2	725	-22	0
2	2	17:35	3350370000000	CR843	8	725	-67	0	5	1	18:55	3350370000000	CC2041	3	722	-45	23
2	2	17:35	3350370000000	CR927	9	720	22	-23	5	1	18:55	3350370000000	CC2041	4	722	90	-23
2	2	17:35	3350370000000	CR927	10	716	-45	90	5	1	18:55	3350370000000	CR2309	5	725	-22	-23
2	3	17:36	3350370000000	CC02	1	725	-45	-45	5	1	18:55	3350370000000	CR2309	6	725	45	-23
2	3	17:36	3350370000000	CC02	2	720	-22	0	5	1	18:55	3350370000000	CR843	7	724	90	-23
2	3	17:36	3350370000000	CC2041	3	719	-67	23	5	1	18:55	3350370000000	CR843	8	725	-45	0
2	3	17:36	3350370000000	CC2041	4	722	45	-23	5	1	18:55	3350370000000	CR927	9	725	22	0
2	3	17:36	3350370000000	CR2309	5	721	22	0	5	1	18:55	3350370000000	CR927	10	724	-45	-45
2	3	17:36	3350370000000	CR2309	6	725	22	-68	5	2	18:56	3350370000000	CC02	1	725	-67	23
2	3	17:36	3350370000000	CR843	7	725	67	-23	5	2	18:56	3350370000000	CC02	2	725	0	23
2	3	17:36	3350370000000	CR843	8	725	-67	0	5	2	18:56	3350370000000	CC2041	3	723	-45	-23
2	3	17:36	3350370000000	CR927	9	721	22	-45	5	2	18:56	3350370000000	CC2041	4	720	67	0
2	3	17:36	3350370000000	CR927	10	722	22	0	5	2	18:56	3350370000000	CR2309	5	725	0	-45
3	1	18:05	3350370000000	CC02	1	721	-135	0	5	2	18:56	3350370000000	CR2309	6	725	45	0
3	1	18:05	3350370000000	CC02	2	725	22	0	5	2	18:56	3350370000000	CR843	7	725	45	-23
3	1	18:05	3350370000000	CC2041	3	718	0	-68	5	2	18:56	3350370000000	CR843	8	725	-22	0
3	1	18:05	3350370000000	CC2041	4	717	45	23	5	2	18:56	3350370000000	CR927	9	725	22	-45
3	1	18:05	3350370000000	CR2309	5	725	-22	-45	5	2	18:56	3350370000000	CR927	10	725	-22	-23
3	1	18:05	3350370000000	CR2309	6	725	45	0	5	3	18:56	3350370000000	CC02	1	724	-45	0
3	1	18:05	3350370000000	CR843	7	725	45	0	5	3	18:56	3350370000000	CC02	2	725	-22	0
3	1	18:05	3350370000000	CR843	8	725	-45	-23	5	3	18:56	3350370000000	CC2041	3	723	-45	0
3	1	18:05	3350370000000	CR927	9	725	22	23	5	3	18:56	3350370000000	CC2041	4	724	90	-45
3	1	18:05	3350370000000	CR927	10	725	22	-23	5	3	18:56	3350370000000	CR2309	5	725	0	0
3	2	18:06	3350370000000	CC02	1	722	-112	0	5	3	18:56	3350370000000	CR2309	6	725	67	-23
3	2	18:06	3350370000000	CC02	2	725	0	0	5	3	18:56	3350370000000	CR843	7	725	67	-23
3	2	18:06	3350370000000	CC2041	3	723	-22	0	5	3	18:56	3350370000000	CR843	8	725	-45	-23
3	2	18:06	3350370000000	CC2041	4	722	90	-45	5	3	18:56	3350370000000	CR927	9	725	45	-23
3	2	18:06	3350370000000	CR2309	5	725	-22	-45	5	3	18:56	3350370000000	CR927	10	724	-45	-45

## RESULTADOS DAS MEDIDAS “2D”;

### Gage R&R Study - Nested ANOVA

#### Gage R&R (Nested) for Area

Source	DF	SS	MS	F	P
PCB	4	222,17	55,5433	2,45028	0,060
PAD (PCB)	45	1020,07	22,6681	6,34370	0,000
Repeatability	100	357,33	3,5733		
Total	149	1599,57			

#### Gage R&R

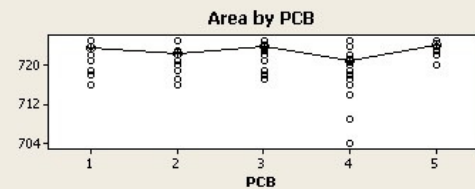
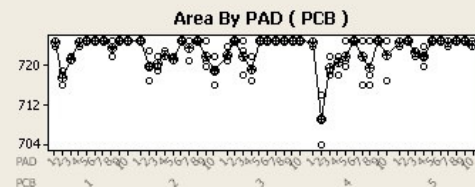
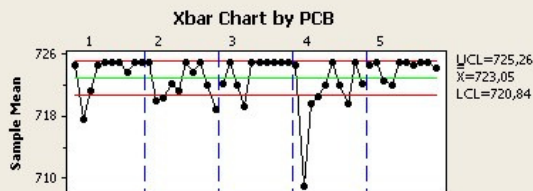
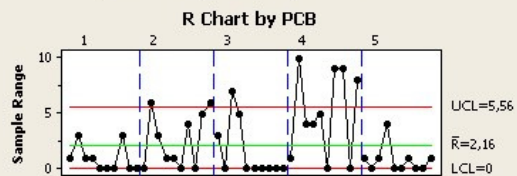
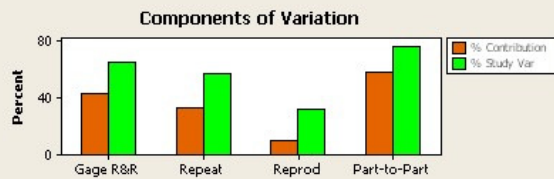
Source	VarComp	%Contribution (of VarComp)
Total Gage R&R	4,6692	42,32
Repeatability	3,5733	32,38
Reproducibility	1,0958	9,93
Part-To-Part	6,3649	57,68
Total Variation	11,0341	100,00

Source	StdDev (SD)	Study Var (6 * SD)	%Study Var (%SV)
Total Gage R&R	2,16083	12,9650	65,05
Repeatability	1,89033	11,3420	56,91
Reproducibility	1,04682	6,2809	31,51
Part-To-Part	2,52288	15,1373	75,95
Total Variation	3,32176	19,9306	100,00

#### Gage R&R (Nested) for Area

Gage name:  
Date of study:

Reported by:  
Tolerance:  
Misc:



## Gage R&R Study - Nested ANOVA

### Gage R&R (Nested) for X

Source	DF	SS	MS	F	P
PCB	4	2629	657,17	0,0815	0,988
PAD (PCB)	45	362824	8062,76	37,4582	0,000
Repeatability	100	21525	215,25		
Total	149	386977			

### Gage R&R

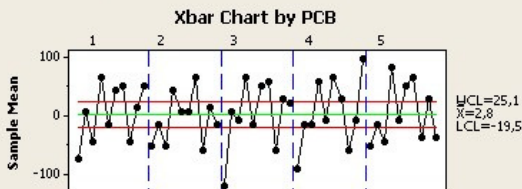
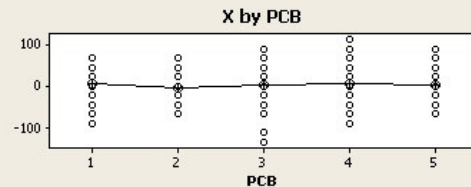
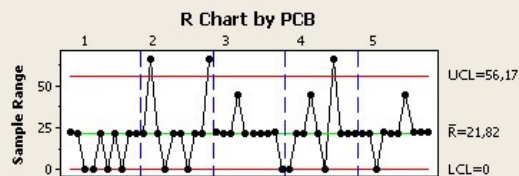
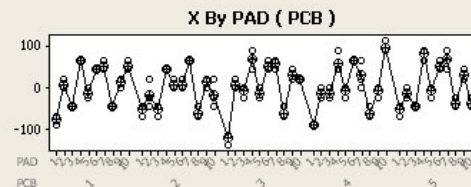
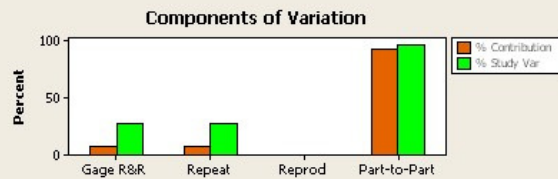
Source	VarComp	%Contribution (of VarComp)
Total Gage R&R	215,25	7,60
Repeatability	215,25	7,60
Reproducibility	0,00	0,00
Part-To-Part	2615,84	92,40
Total Variation	2831,08	100,00

Source	StdDev (SD)	Study Var (6 * SD)	%Study Var (%SV)
Total Gage R&R	14,6713	88,028	27,57
Repeatability	14,6713	88,028	27,57
Reproducibility	0,0000	0,000	0,00
Part-To-Part	51,1453	306,872	96,12
Total Variation	53,2079	319,248	100,00

### Gage R&R (Nested) for X

Gage name:  
Date of study:

Reported by:  
Tolerance:  
Misc:



## Gage R&R Study - Nested ANOVA

### Gage R&R (Nested) for Y

Source	DF	SS	MS	F	P
PCB	4	1687	421,86	0,20439	0,935
PAD (PCB)	45	92879	2063,97	6,83721	0,000
Repeatability	100	30187	301,87		
Total	149	124753			

### Gage R&R

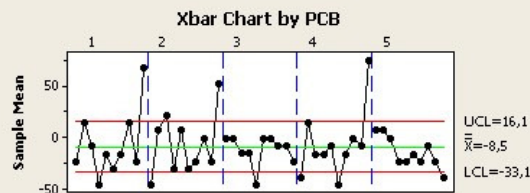
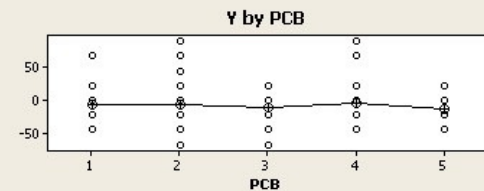
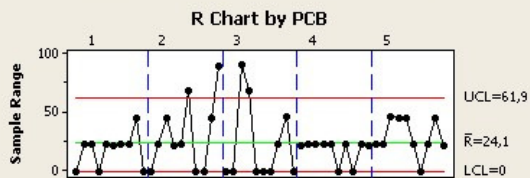
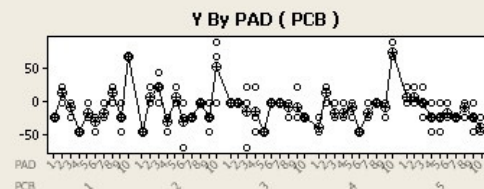
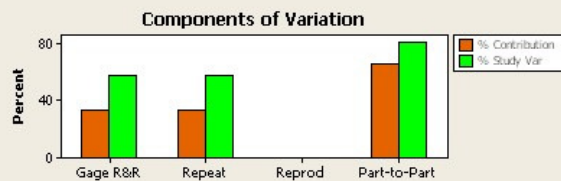
Source	VarComp	%Contribution (of VarComp)
Total Gage R&R	301,873	33,95
Repeatability	301,873	33,95
Reproducibility	0,000	0,00
Part-To-Part	587,366	66,05
Total Variation	889,239	100,00

Source	StdDev (SD)	Study Var (6 * SD)	%Study Var (%SV)
Total Gage R&R	17,3745	104,247	58,26
Repeatability	17,3745	104,247	58,26
Reproducibility	0,0000	0,000	0,00
Part-To-Part	24,2356	145,414	81,27
Total Variation	29,8201	178,921	100,00

### Gage R&R (Nested) for Y

Gage name:  
Date of study:

Reported by:  
Tolerance:  
Misc:



## DADOS “3D” UTILIZADOS PARA ANÁLISE;

PCB	Measure nº	Time	Barcode	Component	PAD	height	Area	X	Y	Volume	PCB	Measure nº	Time	Barcode	Component	PAD	height	Area	X	Y	Volume
1	1	17:06	3350370000000	CIC801	1	66	284	0	0	61	3	2	18:06	3350370000000	CIC801	51	76	279	45	23	54
1	1	17:06	3350370000000	CIC801	13	58	287	-22	-23	50	3	2	18:06	3350370000000	CIC801	63	60	285	-22	0	46
1	1	17:06	3350370000000	CIC801	25	64	285	22	-23	50	3	2	18:06	3350370000000	CIC801	75	65	280	90	0	45
1	1	17:06	3350370000000	CIC801	26	72	286	-45	0	82	3	2	18:06	3350370000000	CIC801	76	78	288	-45	-22	70
1	1	17:06	3350370000000	CIC801	38	68	285	-23	-45	72	3	2	18:06	3350370000000	CIC801	88	70	288	68	-22	67
1	1	17:06	3350370000000	CIC801	50	84	288	-23	0	97	3	2	18:06	3350370000000	CIC801	100	72	273	68	-22	57
1	1	17:06	3350370000000	CIC801	51	66	284	-22	23	51	3	3	18:07	3350370000000	CIC801	1	68	288	0	0	62
1	1	17:06	3350370000000	CIC801	63	61	288	-45	0	46	3	3	18:07	3350370000000	CIC801	13	61	286	-67	0	48
1	1	17:06	3350370000000	CIC801	75	64	279	-45	0	50	3	3	18:07	3350370000000	CIC801	25	66	288	22	-23	50
1	1	17:06	3350370000000	CIC801	76	70	288	-45	0	72	3	3	18:07	3350370000000	CIC801	26	78	288	0	0	75
1	1	17:06	3350370000000	CIC801	88	75	278	0	-22	82	3	3	18:07	3350370000000	CIC801	38	75	288	-23	-22	72
1	1	17:06	3350370000000	CIC801	100	72	273	-68	-22	75	3	3	18:07	3350370000000	CIC801	50	75	288	-45	0	82
1	2	17:07	3350370000000	CIC801	1	67	284	0	0	61	3	3	18:07	3350370000000	CIC801	51	70	280	67	23	46
1	2	17:07	3350370000000	CIC801	13	55	288	-22	0	46	3	3	18:07	3350370000000	CIC801	63	53	284	67	23	40
1	2	17:07	3350370000000	CIC801	25	62	285	22	0	56	3	3	18:07	3350370000000	CIC801	75	67	272	-22	0	53
1	2	17:07	3350370000000	CIC801	26	79	287	-45	-22	90	3	3	18:07	3350370000000	CIC801	76	78	288	-45	-22	72
1	2	17:07	3350370000000	CIC801	38	71	283	-23	-67	77	3	3	18:07	3350370000000	CIC801	88	74	288	23	-22	72
1	2	17:07	3350370000000	CIC801	50	86	288	0	-22	100	3	3	18:07	3350370000000	CIC801	100	70	288	113	0	52
1	2	17:07	3350370000000	CIC801	51	70	279	-22	0	58	4	1	18:29	3350370000000	CIC801	1	60	288	-22	45	59
1	2	17:07	3350370000000	CIC801	63	60	288	-45	0	43	4	1	18:29	3350370000000	CIC801	13	55	288	22	23	46
1	2	17:07	3350370000000	CIC801	75	68	266	-45	-23	48	4	1	18:29	3350370000000	CIC801	25	66	288	22	23	54
1	2	17:07	3350370000000	CIC801	76	70	284	-68	0	75	4	1	18:29	3350370000000	CIC801	26	76	286	0	0	82
1	2	17:07	3350370000000	CIC801	88	71	285	-23	-22	75	4	1	18:29	3350370000000	CIC801	38	68	288	23	-45	77
1	2	17:07	3350370000000	CIC801	100	78	274	-90	-22	77	4	1	18:29	3350370000000	CIC801	50	72	288	23	-22	80
1	3	17:08	3350370000000	CIC801	1	68	285	22	0	64	4	1	18:29	3350370000000	CIC801	51	63	279	0	-45	53
1	3	17:08	3350370000000	CIC801	13	53	288	-45	0	45	4	1	18:29	3350370000000	CIC801	63	52	288	-45	-23	45
1	3	17:08	3350370000000	CIC801	25	64	288	22	-23	58	4	1	18:29	3350370000000	CIC801	75	70	279	-22	-45	53
1	3	17:08	3350370000000	CIC801	26	72	288	-23	0	80	4	1	18:29	3350370000000	CIC801	76	69	285	-45	0	72
1	3	17:08	3350370000000	CIC801	38	70	280	-23	-45	72	4	1	18:29	3350370000000	CIC801	88	68	288	0	-22	70
1	3	17:08	3350370000000	CIC801	50	81	288	-23	0	92	4	1	18:29	3350370000000	CIC801	100	68	275	-23	-22	70
1	3	17:08	3350370000000	CIC801	51	69	286	-135	0	53	4	2	18:30	3350370000000	CIC801	1	62	288	22	23	58
1	3	17:08	3350370000000	CIC801	63	64	283	-22	0	54	4	2	18:30	3350370000000	CIC801	13	60	288	45	0	53
1	3	17:08	3350370000000	CIC801	75	68	268	-45	0	50	4	2	18:30	3350370000000	CIC801	25	62	288	45	0	58
1	3	17:08	3350370000000	CIC801	76	71	288	-68	0	80	4	2	18:30	3350370000000	CIC801	26	80	288	-23	-22	90
1	3	17:08	3350370000000	CIC801	88	76	282	-23	-22	82	4	2	18:30	3350370000000	CIC801	38	68	288	0	-67	82
1	3	17:08	3350370000000	CIC801	100	79	274	-90	-22	82	4	2	18:30	3350370000000	CIC801	50	76	288	0	-67	90
2	1	17:35	3350370000000	CIC801	1	62	281	135	23	51	4	2	18:30	3350370000000	CIC801	51	68	288	-22	-23	59
2	1	17:35	3350370000000	CIC801	13	59	288	0	0	54	4	2	18:30	3350370000000	CIC801	63	58	279	-45	-23	51
2	1	17:35	3350370000000	CIC801	25	66	288	0	0	53	4	2	18:30	3350370000000	CIC801	75	66	283	-45	-23	48
2	1	17:35	3350370000000	CIC801	26	77	288	0	0	85	4	2	18:30	3350370000000	CIC801	76	67	279	-23	0	77
2	1	17:35	3350370000000	CIC801	38	76	287	-23	-22	82	4	2	18:30	3350370000000	CIC801	88	65	288	0	0	72
2	1	17:35	3350370000000	CIC801	50	74	287	-23	-22	87	4	2	18:30	3350370000000	CIC801	100	70	274	-23	0	75
2	1	17:35	3350370000000	CIC801	51	70	283	-45	-23	59	4	3	18:30	3350370000000	CIC801	1	64	288	-22	23	69
2	1	17:35	3350370000000	CIC801	63	54	288	-45	-23	46	4	3	18:30	3350370000000	CIC801	13	60	288	22	0	53
2	1	17:35	3350370000000	CIC801	75	64	282	-112	23	45	4	3	18:30	3350370000000	CIC801	25	66	277	45	0	56
2	1	17:35	3350370000000	CIC801	76	73	287	-23	22	75	4	3	18:30	3350370000000	CIC801	26	75	282	-23	0	87
2	1	17:35	3350370000000	CIC801	88	65	284	0	-22	65	4	3	18:30	3350370000000	CIC801	38	68	288	0	-45	75
2	1	17:35	3350370000000	CIC801	100	72	281	-23	-22	85	4	3	18:30	3350370000000	CIC801	50	75	288	0	-45	85
2	2	17:35	3350370000000	CIC801	1	63	288	45	0	67	4	3	18:30	3350370000000	CIC801	51	70	288	-22	0	59
2	2	17:35	3350370000000	CIC801	13	60	288	-22	0	54	4	3	18:30	3350370000000	CIC801	63	57	288	-45	-23	48
2	2	17:35	3350370000000	CIC801	25	66	288	-22	-23	56	4	3	18:30	3350370000000	CIC801	75	73	288	-22	0	53
2	2	17:35	3350370000000	CIC801	26	82	288	-23	0	95	4	3	18:30	3350370000000	CIC801	76	71	284	-45	0	77
2	2	17:35	3350370000000	CIC801	38	72	288	-23	-22	75	4	3	18:30	3350370000000	CIC801	88	71	288	0	-22	75
2	2	17:35	3350370000000	CIC801	50	72	287	-23	-22	82	4	3	18:30	3350370000000	CIC801	100	68	275	-23	-22	72
2	2	17:35	3350370000000	CIC801	51	66	288	-45	-23	54	5	1	18:55	3350370000000	CIC801	1	66	288	-45	0	58
2	2	17:35	3350370000000	CIC801	63	55	288	-22	0	46	5	1	18:55	3350370000000	CIC801	13	62	288	-90	-23	61
2	2	17:35	3350370000000	CIC801	75	64	281	-112	23	41	5	1	18:55	3350370000000	CIC801	25	60	285	0	-23	62
2	2	17:35	3350370000000	CIC801	76	73	287	-23	0	77	5	1	18:55	3350370000000	CIC801	26	90	288	23	0	95
2	2	17:35	3350370000000	CIC801	88	72	283	23	-22	77	5	1	18:55	3350370000000	CIC801	38	84	288	-68	0	90
2	2	17:35	3350370000000	CIC801	100	74	288	0	0	82	5	1	18:55	3350370000000	CIC801	50	77	288	23	0	82
2	3	17:36	3350370000000	CIC801	1	64	288	-22	23	61	5	1	18:55	3350370000000	CIC801	51	72	288	-22	23	66
2	3	17:36	3350370000000	CIC801	13	57	288	-22	23	54	5	1	18:55	3350370000000	CIC801	63	59	277	-45	0	46
2	3	17:36	3350370000000	CIC801	25	64	288	-22	0	50	5	1	18:55	3350370000000	CIC801	75	66	283	112	23	46
2	3	17:36	3350370000000	CIC801	26	80	288	0	0	92	5	1	18:55	3350370000000	CIC801	76	78	276	-23	-22	80
2	3	17:36	3350370000000	CIC801	38	72	288	0	-22	77	5	1	18:55	3350370000000							

## RESULTADOS DAS MEDIDAS “3D”;

### Gage R&R Study - Nested ANOVA

#### Gage R&R (Nested) for Area

Source	DF	SS	MS	F	P
PCB	4	206,48	51,6194	0,92230	0,458
PAD (PCB)	55	3078,25	55,9682	3,29117	0,000
Repeatability	120	2040,67	17,0056		
Total	179	5325,39			

#### Gage R&R

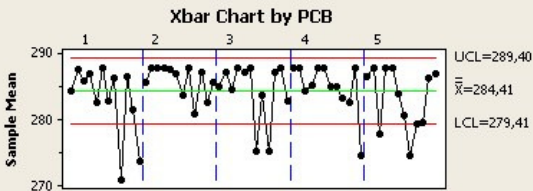
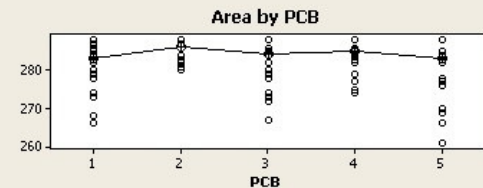
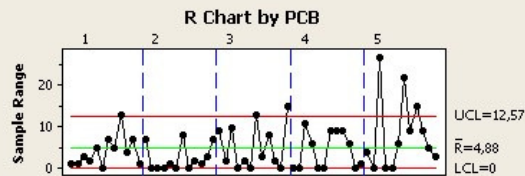
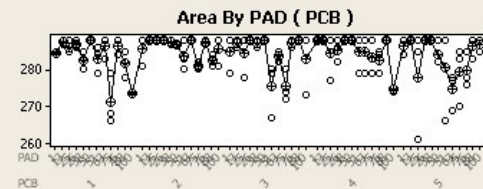
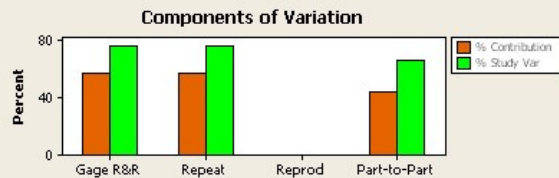
Source	VarComp	%Contribution (of VarComp)
Total Gage R&R	17,0056	56,70
Repeatability	17,0056	56,70
Reproducibility	0,0000	0,00
Part-To-Part	12,9875	43,30
Total Variation	29,9931	100,00

Source	StdDev (SD)	Study Var (6 * SD)	%Study Var (%SV)
Total Gage R&R	4,12378	24,7427	75,30
Repeatability	4,12378	24,7427	75,30
Reproducibility	0,00000	0,0000	0,00
Part-To-Part	3,60382	21,6229	65,80
Total Variation	5,47660	32,8596	100,00

#### Gage R&R (Nested) for Area

Gage name:  
Date of study:

Reported by:  
Tolerance:  
Misc:



## Gage R&R Study - Nested ANOVA

### Gage R&R (Nested) for X

Source	DF	SS	MS	F	P
PCB	4	35593	8898,15	2,32887	0,067
PAD (PCB)	55	210145	3820,81	6,25388	0,000
Repeatability	120	73314	610,95		
Total	179	319051			

### Gage R&R

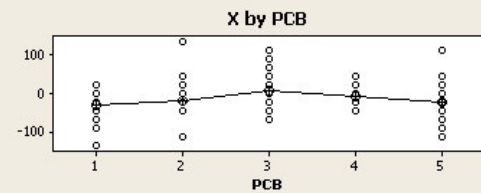
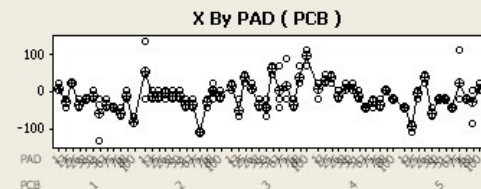
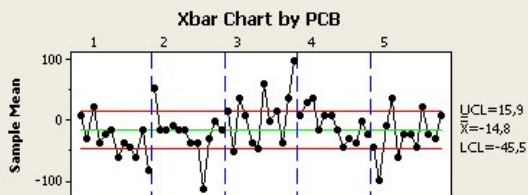
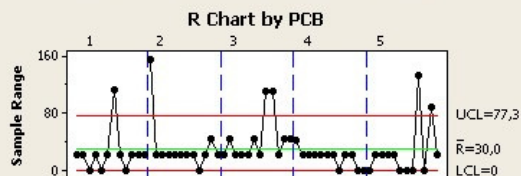
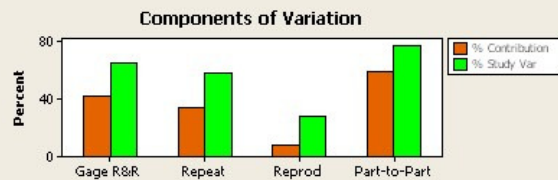
Source	VarComp	%Contribution (of VarComp)
Total Gage R&R	751,99	41,27
Repeatability	610,95	33,53
Reproducibility	141,04	7,74
Part-To-Part	1069,95	58,73
Total Variation	1821,94	100,00

Source	StdDev (SD)	Study Var (6 * SD)	%Study Var (%SV)
Total Gage R&R	27,4224	164,534	64,24
Repeatability	24,7174	148,304	57,91
Reproducibility	11,8759	71,255	27,82
Part-To-Part	32,7101	196,261	76,63
Total Variation	42,6842	256,105	100,00

### Gage R&R (Nested) for X

Gage name:  
Date of study:

Reported by:  
Tolerance:  
Misc:





## Gage R&R Study - Nested ANOVA

### Gage R&R (Nested) for Y

Source	DF	SS	MS	F	P
PCB	4	1551,7	387,936	0,44055	0,779
PAD (PCB)	55	48431,8	880,579	5,90003	0,000
Repeatability	120	17910,0	149,250		
Total	179	67893,6			

### Gage R&R

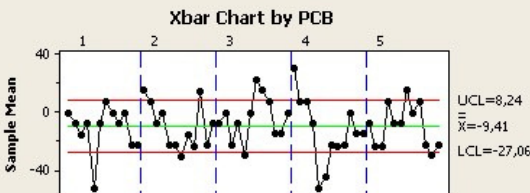
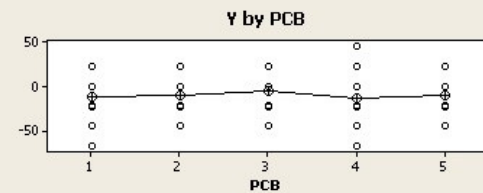
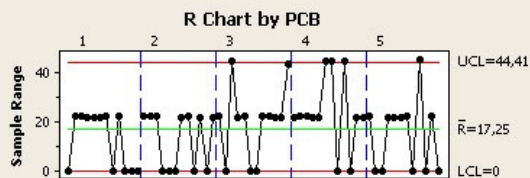
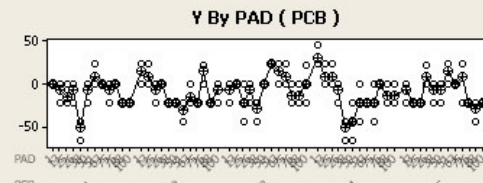
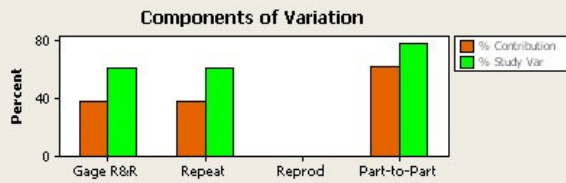
Source	VarComp	%Contribution (of VarComp)
Total Gage R&R	149,250	37,97
Repeatability	149,250	37,97
Reproducibility	0,000	0,00
Part-To-Part	243,776	62,03
Total Variation	393,026	100,00

Source	StdDev (SD)	Study Var (6 * SD)	%Study Var (%SV)
Total Gage R&R	12,2168	73,301	61,62
Repeatability	12,2168	73,301	61,62
Reproducibility	0,0000	0,000	0,00
Part-To-Part	15,6133	93,680	78,76
Total Variation	19,8249	118,949	100,00

### Gage R&R (Nested) for Y

Gage name:  
Date of study:

Reported by:  
Tolerance:  
Misc:



## Gage R&R Study - Nested ANOVA

### Gage R&R (Nested) for height

Source	DF	SS	MS	F	P
PCB	4	481,7	120,422	0,7259	0,578
PAD (PCB)	55	9124,6	165,903	27,4977	0,000
Repeatability	120	724,0	6,033		
Total	179	10330,3			

### Gage R&R

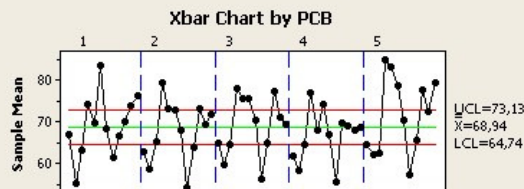
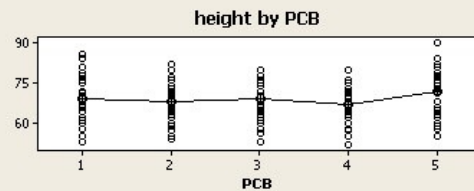
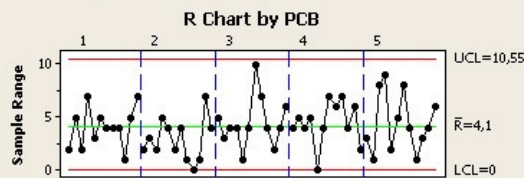
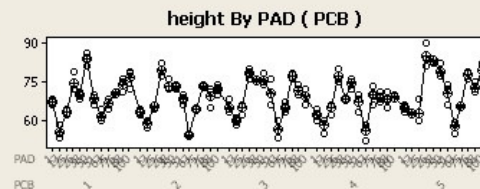
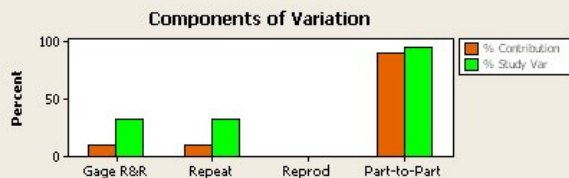
Source	VarComp	%Contribution (of VarComp)
Total Gage R&R	6,0333	10,17
Repeatability	6,0333	10,17
Reproducibility	0,0000	0,00
Part-To-Part	53,2897	89,83
Total Variation	59,3231	100,00

Source	StdDev (SD)	Study Var (6 * SD)	%Study Var (%SV)
Total Gage R&R	2,45628	14,7377	31,89
Repeatability	2,45628	14,7377	31,89
Reproducibility	0,00000	0,0000	0,00
Part-To-Part	7,29998	43,7999	94,78
Total Variation	7,70215	46,2129	100,00

### Gage R&R (Nested) for height

Gage name:  
Date of study:

Reported by:  
Tolerance:  
Misc:



## Gage R&R (Nested) for Volume

Source	DF	SS	MS	F	P
PCB	4	949,3	237,328	0,3462	0,846
PAD (PCB)	55	37698,7	685,430	38,4833	0,000
Repeatability	120	2137,3	17,811		
Total	179	40785,3			

## Gage R&R

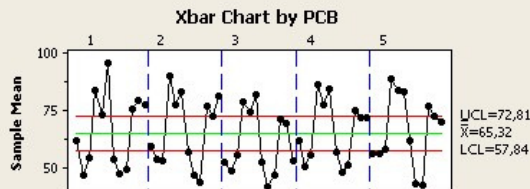
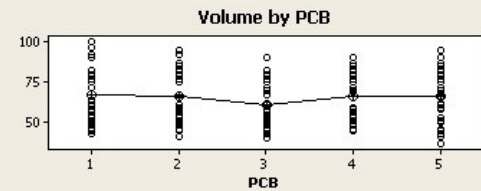
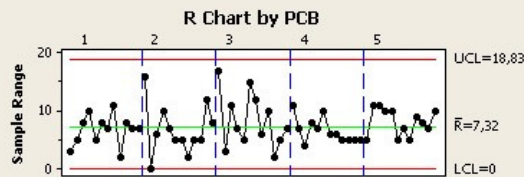
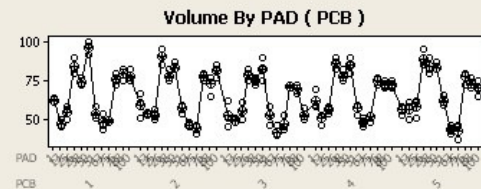
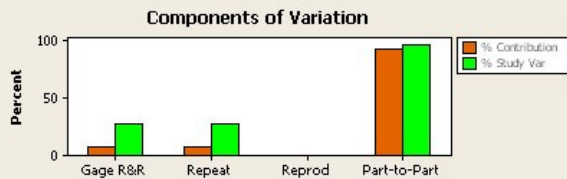
Source	VarComp	%Contribution (of VarComp)
Total Gage R&R	17,811	7,41
Repeatability	17,811	7,41
Reproducibility	0,000	0,00
Part-To-Part	222,540	92,59
Total Variation	240,351	100,00

Source	StdDev (SD)	Study Var (6 * SD)	%Study Var (%SV)
Total Gage R&R	4,2203	25,3219	27,22
Repeatability	4,2203	25,3219	27,22
Reproducibility	0,0000	0,0000	0,00
Part-To-Part	14,9178	89,5066	96,22
Total Variation	15,5033	93,0195	100,00

## Gage R&R (Nested) for Volume

Gage name:  
Date of study:

Reported by:  
Tolerance:  
Misc:



## Resultados do segundo MSE – Máquina com novo sistema de *clamping*

### DADOS “2D” UTILIZADOS PARA ANÁLISE;

PCB	Measure nº	Time	Barcode	Component	PAD	Area	X	Y	Shift	PCB	Measure nº	Time	Barcode	Component	PAD	Area	X	Y	Shift
1	1	9:32	3350470000000	CC02	1	725	-23	-22	1	3	2	10:19	3350470000000	CR843	6	725	0	22	1
1	1	9:32	3350470000000	CC02	2	721	-45	-22	1	3	2	10:19	3350470000000	CR927	7	725	0	-22	1
1	1	9:32	3350470000000	CC2041	3	725	-68	0	1	3	2	10:19	3350470000000	CR927	8	725	0	22	1
1	1	9:32	3350470000000	CC2041	4	724	0	-45	1	3	2	10:19	3350470000000	CR2309	9	725	0	-22	1
1	1	9:32	3350470000000	CR843	5	725	23	0	1	3	2	10:19	3350470000000	CR2309	10	722	45	0	1
1	1	9:32	3350470000000	CR843	6	725	0	0	1	3	3	10:19	3350470000000	CC02	1	712	-68	-90	1
1	1	9:32	3350470000000	CR927	7	725	0	-22	1	3	3	10:19	3350470000000	CC02	2	719	-23	45	1
1	1	9:32	3350470000000	CR927	8	725	-45	-22	1	3	3	10:19	3350470000000	CC2041	3	718	23	0	1
1	1	9:32	3350470000000	CR2309	9	721	23	-22	1	3	3	10:19	3350470000000	CC2041	4	725	0	-67	1
1	1	9:32	3350470000000	CR2309	10	725	0	-67	1	3	3	10:19	3350470000000	CR843	5	725	45	-22	1
1	2	9:33	3350470000000	CC02	1	725	-23	-22	1	3	3	10:19	3350470000000	CR843	6	725	0	22	1
1	2	9:33	3350470000000	CC02	2	723	-23	-22	1	3	3	10:19	3350470000000	CR927	7	725	0	-45	1
1	2	9:33	3350470000000	CC2041	3	725	-45	-22	1	3	3	10:19	3350470000000	CR927	8	725	0	22	1
1	2	9:33	3350470000000	CC2041	4	725	23	-45	1	3	3	10:19	3350470000000	CR2309	9	725	0	-22	1
1	2	9:33	3350470000000	CR843	5	725	45	0	1	3	3	10:19	3350470000000	CR2309	10	717	68	0	1
1	2	9:33	3350470000000	CR843	6	725	0	0	1	4	1	10:35	3350470000000	CC02	1	710	-90	-45	1
1	2	9:33	3350470000000	CR927	7	725	23	-45	1	4	1	10:35	3350470000000	CC02	2	719	-45	0	1
1	2	9:33	3350470000000	CR927	8	725	-23	0	1	4	1	10:35	3350470000000	CC2041	3	718	-90	0	1
1	2	9:33	3350470000000	CR2309	9	722	45	-45	1	4	1	10:35	3350470000000	CC2041	4	724	0	-45	1
1	2	9:33	3350470000000	CR2309	10	725	-23	-45	1	4	1	10:35	3350470000000	CR843	5	725	23	0	1
1	3	9:33	3350470000000	CC02	1	725	-23	-22	1	4	1	10:35	3350470000000	CR843	6	725	-23	22	1
1	3	9:33	3350470000000	CC02	2	724	-23	22	1	4	1	10:35	3350470000000	CR927	7	725	0	-45	1
1	3	9:33	3350470000000	CC2041	3	725	-45	-22	1	4	1	10:35	3350470000000	CR927	8	725	-23	0	1
1	3	9:33	3350470000000	CC2041	4	724	0	-45	1	4	1	10:35	3350470000000	CR2309	9	724	45	-45	1
1	3	9:33	3350470000000	CR843	5	725	45	0	1	4	1	10:35	3350470000000	CR2309	10	720	45	0	1
1	3	9:33	3350470000000	CR843	6	725	-23	0	1	4	2	10:36	3350470000000	CC02	1	710	-68	-45	1
1	3	9:33	3350470000000	CR927	7	725	23	-22	1	4	2	10:36	3350470000000	CC02	2	714	-23	-45	1
1	3	9:33	3350470000000	CR927	8	725	-45	0	1	4	2	10:36	3350470000000	CC2041	3	723	0	0	1
1	3	9:33	3350470000000	CR2309	9	721	45	-22	1	4	2	10:36	3350470000000	CC2041	4	725	23	-67	1
1	3	9:33	3350470000000	CR2309	10	725	-23	-67	1	4	2	10:36	3350470000000	CR843	5	725	23	0	1
2	1	10:03	3350470000000	CC02	1	725	-45	-45	1	4	2	10:36	3350470000000	CR843	6	725	-23	22	1
2	1	10:03	3350470000000	CC02	2	713	-45	0	1	4	2	10:36	3350470000000	CR927	7	725	-23	-45	1
2	1	10:03	3350470000000	CC2041	3	725	45	0	1	4	2	10:36	3350470000000	CR927	8	725	0	0	1
2	1	10:03	3350470000000	CC2041	4	724	-23	-45	1	4	2	10:36	3350470000000	CR2309	9	723	45	-45	1
2	1	10:03	3350470000000	CR843	5	725	45	0	1	4	2	10:36	3350470000000	CR2309	10	725	0	-22	1
2	1	10:03	3350470000000	CR843	6	725	-23	0	1	4	3	10:37	3350470000000	CC02	1	710	-45	-45	1
2	1	10:03	3350470000000	CR927	7	725	23	-45	1	4	3	10:37	3350470000000	CC02	2	721	-68	0	1
2	1	10:03	3350470000000	CR927	8	721	-23	-22	1	4	3	10:37	3350470000000	CC2041	3	725	-68	0	1
2	1	10:03	3350470000000	CR2309	9	722	0	-22	1	4	3	10:37	3350470000000	CC2041	4	725	23	-45	1
2	1	10:03	3350470000000	CR2309	10	723	45	-22	1	4	3	10:37	3350470000000	CR843	5	725	23	-22	1
2	2	10:04	3350470000000	CC02	1	725	-45	-22	1	4	3	10:37	3350470000000	CR843	6	725	-23	0	1
2	2	10:04	3350470000000	CC02	2	715	-23	0	1	4	3	10:37	3350470000000	CR927	7	725	0	-45	1
2	2	10:04	3350470000000	CC2041	3	725	23	0	1	4	3	10:37	3350470000000	CR927	8	725	0	22	1
2	2	10:04	3350470000000	CC2041	4	725	0	-45	1	4	3	10:37	3350470000000	CR2309	9	724	45	-22	1
2	2	10:04	3350470000000	CR843	5	725	45	0	1	4	3	10:37	3350470000000	CR2309	10	724	0	-22	1
2	2	10:04	3350470000000	CR843	6	725	-23	-22	1	5	1	10:55	3350470000000	CC02	1	725	-23	-22	1
2	2	10:04	3350470000000	CR927	7	725	0	-45	1	5	1	10:55	3350470000000	CC02	2	722	-45	0	1
2	2	10:04	3350470000000	CR927	8	722	0	-22	1	5	1	10:55	3350470000000	CC2041	3	724	0	0	1
2	2	10:04	3350470000000	CR2309	9	723	0	0	1	5	1	10:55	3350470000000	CC2041	4	725	23	-45	1
2	2	10:04	3350470000000	CR2309	10	723	45	-22	1	5	1	10:55	3350470000000	CR843	5	725	0	22	1
2	3	10:04	3350470000000	CC02	1	725	-45	-67	1	5	1	10:55	3350470000000	CR843	6	725	0	22	1
2	3	10:04	3350470000000	CC02	2	712	-23	22	1	5	1	10:55	3350470000000	CR927	7	725	-23	-45	1
2	3	10:04	3350470000000	CC2041	3	725	45	22	1	5	1	10:55	3350470000000	CR927	8	725	-23	0	1
2	3	10:04	3350470000000	CC2041	4	725	-23	-45	1	5	1	10:55	3350470000000	CR2309	9	724	23	-67	1
2	3	10:04	3350470000000	CR843	5	725	23	0	1	5	1	10:55	3350470000000	CR2309	10	725	0	-22	1
2	3	10:04	3350470000000	CR843	6	725	-23	0	1	5	2	10:56	3350470000000	CC02	1	725	-45	-22	1
2	3	10:04	3350470000000	CR927	7	725	0	-45	1	5	2	10:56	3350470000000	CC02	2	725	-45	-22	1
2	3	10:04	3350470000000	CR927	8	722	0	-22	1	5	2	10:56	3350470000000	CC2041	3	722	0	-22	1
2	3	10:04	3350470000000	CR2309	9	723	0	0	1	5	2	10:56	3350470000000	CC2041	4	725	0	-45	1
2	3	10:04	3350470000000	CR2309	10	724	45	-22	1	5	2	10:56	3350470000000	CR843	5	725	0	0	1
3	1	10:18	3350470000000	CC02	1	717	-68	-90	1	5	2	10:56	3350470000000	CR843	6	725	23	22	1
3	1	10:18	3350470000000	CC02	2	719	-45	22	1	5	2	10:56	3350470000000	CR927	7	725	0	-22	1
3	1	10:18	3350470000000	CC2041	3	718	23	-22	1	5	2	10:56	3350470000000	CR927	8	725	-23	0	1
3	1	10:18	3350470000000	CC2041	4	719	-23	-22	1	5	2	10:56	3350470000000	CR2309	9	725	0	-45	1
3	1	10:18	3350470000000	CR843	5	725	45	0	1	5	2	10:56	3350470000000	CR2309	10	725	0	-22	1
3	1	10:18	3350470000000	CR843	6	725	0	0	1	5	3	10:56	3350470000000	CC02	1	725	-23	-22	1
3	1	10:18	3350470000000	CR927	7	725	0	-22	1	5	3	10:56	3350470000000	CC02	2	725	-45	0	1
3	1	10:18	3350470000000	CR927	8	725	0	0	1	5	3	10:56	3350470000000	CC2041	3	722	23	0	1
3	1	10:18	3350470000000	CR2309	9	725	0	22	1	5	3	10:56	3350470000000	CC2041	4	725	0	-45	1
3	1	10:18	3350470000000	CR2309	10	717	68	-22	1	5	3	10:56	3350470000000	CR843	5	725	0	0	1
3	2	10:19	3350470000000	CC02	1	713	-68	-67	1	5	3	10:56	3350470000000	CR843	6	725	45	0	1
3	2	10:19	3350470000000	CC02	2														

PCB	Measure nº	Time	Barcode	Component	PAD	Area	X	Y	Shift	PCB	Measure nº	Time	Barcode	Component	PAD	Area	X	Y	Shift
6	1	14:59	3350470000000	CC02	1	717	-45	-22	2	8	2	15:52	3350470000000	CR843	6	725	-23	0	2
6	1	14:59	3350470000000	CC02	2	719	-45	-22	2	8	2	15:52	3350470000000	CR927	7	716	23	-45	2
6	1	14:59	3350470000000	CC2041	3	725	-23	-22	2	8	2	15:52	3350470000000	CR927	8	722	0	-22	2
6	1	14:59	3350470000000	CC2041	4	725	23	-22	2	8	2	15:52	3350470000000	CR2309	9	718	45	22	2
6	1	14:59	3350470000000	CR843	5	725	45	0	2	8	2	15:52	3350470000000	CR2309	10	724	23	-45	2
6	1	14:59	3350470000000	CR843	6	725	-23	0	2	8	3	15:52	3350470000000	CC02	1	725	-45	-45	2
6	1	14:59	3350470000000	CR927	7	725	23	-22	2	8	3	15:52	3350470000000	CC02	2	718	-23	-22	2
6	1	14:59	3350470000000	CR927	8	725	0	-22	2	8	3	15:52	3350470000000	CC2041	3	725	23	-22	2
6	1	14:59	3350470000000	CR2309	9	725	23	-22	2	8	3	15:52	3350470000000	CC2041	4	725	0	0	2
6	1	14:59	3350470000000	CR2309	10	725	-23	-45	2	8	3	15:52	3350470000000	CR843	5	725	45	0	2
6	2	14:59	3350470000000	CC02	1	719	-45	-45	2	8	3	15:52	3350470000000	CR843	6	725	0	22	2
6	2	14:59	3350470000000	CC02	2	716	-45	-45	2	8	3	15:52	3350470000000	CR927	7	720	23	-67	2
6	2	14:59	3350470000000	CC2041	3	725	-45	-22	2	8	3	15:52	3350470000000	CR927	8	722	0	-22	2
6	2	14:59	3350470000000	CC2041	4	725	23	-22	2	8	3	15:52	3350470000000	CR2309	9	718	23	-22	2
6	2	14:59	3350470000000	CR843	5	725	45	22	2	8	3	15:52	3350470000000	CR2309	10	719	68	-22	2
6	2	14:59	3350470000000	CR843	6	725	0	0	2	9	1	16:04	3350470000000	CC02	1	725	-45	-45	2
6	2	14:59	3350470000000	CR927	7	725	0	0	2	9	1	16:04	3350470000000	CC02	2	725	-23	0	2
6	2	14:59	3350470000000	CR927	8	725	0	0	2	9	1	16:04	3350470000000	CC2041	3	725	23	-22	2
6	2	14:59	3350470000000	CR2309	9	725	23	-22	2	9	1	16:04	3350470000000	CC2041	4	725	-23	-22	2
6	2	14:59	3350470000000	CR2309	10	725	-23	-67	2	9	1	16:04	3350470000000	CR843	5	725	23	0	2
6	3	15:00	3350470000000	CC02	1	717	-68	-45	2	9	1	16:04	3350470000000	CR843	6	725	-23	0	2
6	3	15:00	3350470000000	CC02	2	717	-23	0	2	9	1	16:04	3350470000000	CR927	7	709	23	-45	2
6	3	15:00	3350470000000	CC2041	3	725	-23	0	2	9	1	16:04	3350470000000	CR927	8	725	0	-45	2
6	3	15:00	3350470000000	CC2041	4	725	23	-45	2	9	1	16:04	3350470000000	CR2309	9	724	23	22	2
6	3	15:00	3350470000000	CR843	5	725	45	0	2	9	1	16:04	3350470000000	CR2309	10	723	45	-45	2
6	3	15:00	3350470000000	CR843	6	725	0	0	2	9	2	16:05	3350470000000	CC02	1	725	-23	-22	2
6	3	15:00	3350470000000	CR927	7	725	0	-45	2	9	2	16:05	3350470000000	CC02	2	725	-23	0	2
6	3	15:00	3350470000000	CR927	8	725	0	22	2	9	2	16:05	3350470000000	CC2041	3	725	0	-22	2
6	3	15:00	3350470000000	CR2309	9	725	23	-22	2	9	2	16:05	3350470000000	CC2041	4	725	-23	-22	2
6	3	15:00	3350470000000	CR2309	10	725	0	-45	2	9	2	16:05	3350470000000	CR843	5	725	0	0	2
7	1	15:38	3350470000000	CC02	1	705	-90	-90	2	9	2	16:05	3350470000000	CR843	6	725	23	-22	2
7	1	15:38	3350470000000	CC02	2	715	-23	45	2	9	2	16:05	3350470000000	CR927	7	722	23	22	2
7	1	15:38	3350470000000	CC2041	3	725	-68	45	2	9	2	16:05	3350470000000	CR927	8	725	0	-45	2
7	1	15:38	3350470000000	CC2041	4	725	23	-67	2	9	2	16:05	3350470000000	CR2309	9	724	0	22	2
7	1	15:38	3350470000000	CR843	5	725	68	-22	2	9	2	16:05	3350470000000	CR2309	10	725	23	-67	2
7	1	15:38	3350470000000	CR843	6	725	0	22	2	9	3	16:05	3350470000000	CC02	1	725	-45	-45	2
7	1	15:38	3350470000000	CR927	7	721	-23	-22	2	9	3	16:05	3350470000000	CC02	2	725	-23	22	2
7	1	15:38	3350470000000	CR927	8	724	0	22	2	9	3	16:05	3350470000000	CC2041	3	725	23	0	2
7	1	15:38	3350470000000	CR2309	9	725	68	22	2	9	3	16:05	3350470000000	CC2041	4	725	-23	-22	2
7	1	15:38	3350470000000	CR2309	10	724	-45	-45	2	9	3	16:05	3350470000000	CR843	5	725	0	-22	2
7	2	15:38	3350470000000	CC02	1	697	-90	-45	2	9	3	16:05	3350470000000	CR843	6	725	0	0	2
7	2	15:38	3350470000000	CC02	2	716	-45	45	2	9	3	16:05	3350470000000	CR927	7	704	23	-45	2
7	2	15:38	3350470000000	CC2041	3	725	-90	22	2	9	3	16:05	3350470000000	CR927	8	725	0	-45	2
7	2	15:38	3350470000000	CC2041	4	725	45	-67	2	9	3	16:05	3350470000000	CR2309	9	723	23	90	2
7	2	15:38	3350470000000	CR843	5	724	68	0	2	9	3	16:05	3350470000000	CR2309	10	725	45	-45	2
7	2	15:38	3350470000000	CR843	6	725	-23	0	2	10	1	16:19	3350470000000	CC02	1	725	-45	-45	2
7	2	15:38	3350470000000	CR927	7	725	0	-22	2	10	1	16:19	3350470000000	CC02	2	725	-23	22	2
7	2	15:38	3350470000000	CR927	8	724	-23	0	2	10	1	16:19	3350470000000	CC2041	3	725	45	0	2
7	2	15:38	3350470000000	CR2309	9	716	45	-22	2	10	1	16:19	3350470000000	CC2041	4	725	-45	-22	2
7	2	15:38	3350470000000	CR2309	10	722	-45	-67	2	10	1	16:19	3350470000000	CR843	5	725	45	45	2
7	3	15:39	3350470000000	CC02	1	709	-45	-45	2	10	1	16:19	3350470000000	CR843	6	725	-23	-22	2
7	3	15:39	3350470000000	CC02	2	715	-45	22	2	10	1	16:19	3350470000000	CR927	7	725	45	-45	2
7	3	15:39	3350470000000	CC2041	3	725	-45	0	2	10	1	16:19	3350470000000	CR927	8	724	-23	-22	2
7	3	15:39	3350470000000	CC2041	4	725	23	-45	2	10	1	16:19	3350470000000	CR2309	9	725	0	22	2
7	3	15:39	3350470000000	CR843	5	725	68	-22	2	10	1	16:19	3350470000000	CR2309	10	724	45	-45	2
7	3	15:39	3350470000000	CR843	6	725	0	0	2	10	2	16:19	3350470000000	CC02	1	725	-45	-22	2
7	3	15:39	3350470000000	CR927	7	724	-23	-45	2	10	2	16:19	3350470000000	CC02	2	725	-45	0	2
7	3	15:39	3350470000000	CR927	8	724	0	22	2	10	2	16:19	3350470000000	CC2041	3	725	23	0	2
7	3	15:39	3350470000000	CR2309	9	722	23	0	2	10	2	16:19	3350470000000	CC2041	4	725	-23	-22	2
7	3	15:39	3350470000000	CR2309	10	725	-23	-45	2	10	2	16:19	3350470000000	CR843	5	725	23	22	2
8	1	15:51	3350470000000	CC02	1	725	-23	-67	2	10	2	16:19	3350470000000	CR843	6	725	-23	22	2
8	1	15:51	3350470000000	CC02	2	719	-45	0	2	10	2	16:19	3350470000000	CR927	7	725	23	-67	2
8	1	15:51	3350470000000	CC2041	3	725	23	-22	2	10	2	16:19	3350470000000	CR927	8	725	0	-22	2
8	1	15:51	3350470000000	CC2041	4	725	0	-22	2	10	2	16:19	3350470000000	CR2309	9	723	0	-22	2
8	1	15:51	3350470000000	CR843	5	725	45	0	2	10	2	16:19	3350470000000	CR2309	10	724	45	-22	2
8	1	15:51	3350470000000	CR843	6	725	-23	0	2	10	3	16:20	3350470000000	CC02	1	725	-23	-22	2
8	1	15:51	3350470000000	CR927	7	721	23	-67	2	10	3	16:20	3350470000000	CC02	2	725	-23	22	2
8	1	15:51	3350470000000	CR927	8	724	23	0	2	10	3	16:20	3350470000000	CC2041	3	725	45	0	2
8	1	15:51	3350470000000	CR2309	9	718	23	-22	2	10	3	16:20	3350470000000	CC2041	4	725	-23	-22	2
8	1	15:51	3350470000000	CR2309	10	724	23	-45	2	10	3	16:20	3350470000000	CR843	5	725	23	45	2
8	2	15:52	3350470000000	CC02	1	725	-68	-67	2	10	3	16:20	3350470000000	CR843	6	725	0	-22	2
8	2	15:52	3350470000000	CC02	2	722	0	0	2										

PCB	Measure nº	Time	Barcode	Component	PAD	Area	X	Y	Shift	PCB	Measure nº	Time	Barcode	Component	PAD	Area	X	Y	Shift
11	1	14:03	3350470000000	CC02	1	725	-23	-45	3	13	2	14:36	3350470000000	CR843	6	725	-23	0	3
11	1	14:03	3350470000000	CC02	2	725	-68	0	3	13	2	14:36	3350470000000	CR927	7	725	23	-45	3
11	1	14:03	3350470000000	CC2041	3	725	23	-22	3	13	2	14:36	3350470000000	CR927	8	725	0	22	3
11	1	14:03	3350470000000	CC2041	4	725	0	-45	3	13	2	14:36	3350470000000	CR2309	9	720	0	-45	3
11	1	14:03	3350470000000	CR843	5	725	0	0	3	13	2	14:36	3350470000000	CR2309	10	724	68	-22	3
11	1	14:03	3350470000000	CR843	6	725	-23	-22	3	13	3	14:37	3350470000000	CC02	1	725	-23	-22	3
11	1	14:03	3350470000000	CR927	7	721	23	-45	3	13	3	14:37	3350470000000	CC02	2	725	-45	0	3
11	1	14:03	3350470000000	CR927	8	724	23	-22	3	13	3	14:37	3350470000000	CC2041	3	725	23	-22	3
11	1	14:03	3350470000000	CR2309	9	714	0	0	3	13	3	14:37	3350470000000	CC2041	4	725	-23	-67	3
11	1	14:03	3350470000000	CR2309	10	725	68	-45	3	13	3	14:37	3350470000000	CR843	5	725	45	-45	3
11	2	14:04	3350470000000	CC02	1	725	-45	-22	3	13	3	14:37	3350470000000	CR843	6	725	-45	0	3
11	2	14:04	3350470000000	CC02	2	725	-45	0	3	13	3	14:37	3350470000000	CR927	7	725	23	-67	3
11	2	14:04	3350470000000	CC2041	3	725	23	0	3	13	3	14:37	3350470000000	CR927	8	725	0	22	3
11	2	14:04	3350470000000	CC2041	4	725	-23	-45	3	13	3	14:37	3350470000000	CR2309	9	725	0	-22	3
11	2	14:04	3350470000000	CR843	5	724	23	-22	3	13	3	14:37	3350470000000	CR2309	10	724	68	-45	3
11	2	14:04	3350470000000	CR843	6	725	-45	0	3	14	1	14:45	3350470000000	CC02	1	724	-23	-45	3
11	2	14:04	3350470000000	CR927	7	721	23	-22	3	14	1	14:45	3350470000000	CC02	2	721	-45	45	3
11	2	14:04	3350470000000	CR927	8	725	23	0	3	14	1	14:45	3350470000000	CC2041	3	725	45	-67	3
11	2	14:04	3350470000000	CR2309	9	711	23	0	3	14	1	14:45	3350470000000	CC2041	4	724	-23	0	3
11	2	14:04	3350470000000	CR2309	10	725	45	-45	3	14	1	14:45	3350470000000	CR843	5	723	23	0	3
11	3	14:05	3350470000000	CC02	1	725	-68	-22	3	14	1	14:45	3350470000000	CR843	6	719	-23	0	3
11	3	14:05	3350470000000	CC02	2	725	-45	-22	3	14	1	14:45	3350470000000	CR927	7	715	45	-22	3
11	3	14:05	3350470000000	CC2041	3	725	23	-22	3	14	1	14:45	3350470000000	CR927	8	723	0	0	3
11	3	14:05	3350470000000	CC2041	4	725	-23	-67	3	14	1	14:45	3350470000000	CR2309	9	719	-23	-22	3
11	3	14:05	3350470000000	CR843	5	725	23	-22	3	14	1	14:45	3350470000000	CR2309	10	725	90	0	3
11	3	14:05	3350470000000	CR843	6	725	0	22	3	14	2	14:45	3350470000000	CC02	1	725	-45	-67	3
11	3	14:05	3350470000000	CR927	7	724	0	-45	3	14	2	14:45	3350470000000	CC02	2	720	-23	45	3
11	3	14:05	3350470000000	CR927	8	725	23	0	3	14	2	14:45	3350470000000	CC2041	3	725	45	-45	3
11	3	14:05	3350470000000	CR2309	9	711	23	-22	3	14	2	14:45	3350470000000	CC2041	4	724	0	-45	3
11	3	14:05	3350470000000	CR2309	10	725	45	-22	3	14	2	14:45	3350470000000	CR843	5	724	23	-22	3
12	1	14:13	3350470000000	CC02	1	718	-23	-22	3	14	2	14:45	3350470000000	CR843	6	718	-45	0	3
12	1	14:13	3350470000000	CC02	2	725	-45	0	3	14	2	14:45	3350470000000	CR927	7	714	45	-45	3
12	1	14:13	3350470000000	CC2041	3	725	0	0	3	14	2	14:45	3350470000000	CR927	8	724	23	0	3
12	1	14:13	3350470000000	CC2041	4	725	0	-45	3	14	2	14:45	3350470000000	CR2309	9	723	-23	0	3
12	1	14:13	3350470000000	CR843	5	724	0	-22	3	14	2	14:45	3350470000000	CR2309	10	725	68	0	3
12	1	14:13	3350470000000	CR843	6	725	-23	0	3	14	3	14:46	3350470000000	CC02	1	724	-23	-22	3
12	1	14:13	3350470000000	CR927	7	725	0	0	3	14	3	14:46	3350470000000	CC02	2	717	-45	67	3
12	1	14:13	3350470000000	CR927	8	725	23	0	3	14	3	14:46	3350470000000	CC2041	3	725	23	-22	3
12	1	14:13	3350470000000	CR2309	9	723	-23	112	3	14	3	14:46	3350470000000	CC2041	4	725	-23	-45	3
12	1	14:13	3350470000000	CR2309	10	723	90	-22	3	14	3	14:46	3350470000000	CR843	5	723	23	-22	3
12	2	14:14	3350470000000	CC02	1	717	-23	-22	3	14	3	14:46	3350470000000	CR843	6	721	-45	0	3
12	2	14:14	3350470000000	CC02	2	725	-68	-22	3	14	3	14:46	3350470000000	CR927	7	707	45	-45	3
12	2	14:14	3350470000000	CC2041	3	725	23	0	3	14	3	14:46	3350470000000	CR927	8	719	0	-22	3
12	2	14:14	3350470000000	CC2041	4	725	0	-67	3	14	3	14:46	3350470000000	CR2309	9	723	-23	-22	3
12	2	14:14	3350470000000	CR843	5	724	0	-22	3	14	3	14:46	3350470000000	CR2309	10	725	45	-22	3
12	2	14:14	3350470000000	CR843	6	725	0	0	3	15	1	14:53	3350470000000	CC02	1	725	-45	-22	3
12	2	14:14	3350470000000	CR927	7	725	23	-22	3	15	1	14:53	3350470000000	CC02	2	721	-45	0	3
12	2	14:14	3350470000000	CR927	8	725	-23	0	3	15	1	14:53	3350470000000	CC2041	3	724	45	0	3
12	2	14:14	3350470000000	CR2309	9	725	-23	90	3	15	1	14:53	3350470000000	CC2041	4	725	-23	-45	3
12	2	14:14	3350470000000	CR2309	10	725	68	0	3	15	1	14:53	3350470000000	CR843	5	725	23	-22	3
12	3	14:14	3350470000000	CC02	1	715	-23	-22	3	15	1	14:53	3350470000000	CR843	6	725	-23	0	3
12	3	14:14	3350470000000	CC02	2	725	-45	-22	3	15	1	14:53	3350470000000	CR927	7	725	0	-22	3
12	3	14:14	3350470000000	CC2041	3	725	0	-22	3	15	1	14:53	3350470000000	CR927	8	725	0	-22	3
12	3	14:14	3350470000000	CC2041	4	725	0	-45	3	15	1	14:53	3350470000000	CR2309	9	724	0	-22	3
12	3	14:14	3350470000000	CR843	5	725	0	22	3	15	1	14:53	3350470000000	CR2309	10	723	45	-22	3
12	3	14:14	3350470000000	CR843	6	725	-23	0	3	15	2	14:54	3350470000000	CC02	1	725	-45	-22	3
12	3	14:14	3350470000000	CR927	7	725	23	-22	3	15	2	14:54	3350470000000	CC02	2	720	-45	0	3
12	3	14:14	3350470000000	CR927	8	725	-23	0	3	15	2	14:54	3350470000000	CC2041	3	724	23	-22	3
12	3	14:14	3350470000000	CR2309	9	724	0	112	3	15	2	14:54	3350470000000	CC2041	4	725	-23	-22	3
12	3	14:14	3350470000000	CR2309	10	725	68	-45	3	15	2	14:54	3350470000000	CR843	5	725	45	-22	3
13	1	14:36	3350470000000	CC02	1	725	-45	0	3	15	2	14:54	3350470000000	CR843	6	725	0	0	3
13	1	14:36	3350470000000	CC02	2	725	-45	0	3	15	2	14:54	3350470000000	CR927	7	725	23	-22	3
13	1	14:36	3350470000000	CC2041	3	725	45	0	3	15	2	14:54	3350470000000	CR927	8	725	0	0	3
13	1	14:36	3350470000000	CC2041	4	725	-23	-45	3	15	2	14:54	3350470000000	CR2309	9	724	0	-22	3
13	1	14:36	3350470000000	CR843	5	725	45	-45	3	15	2	14:54	3350470000000	CR2309	10	725	23	-45	3
13	1	14:36	3350470000000	CR843	6	725	-23	0	3	15	3	14:54	3350470000000	CC02	1	724	-45	-22	3
13	1	14:36	3350470000000	CR927	7	725	23	-45	3	15	3	14:54	3350470000000	CC02	2	722	-23	0	3
13	1	14:36	3350470000000	CR927	8	725	0	0	3	15	3	14:54	3350470000000	CC2041	3	724	45	0	3
13	1	14:36	3350470000000	CR2309	9	725	0	-22	3	15	3	14:54	3350470000000	CC2041	4	725	-23	-45	3
13	1	14:36	3350470000000	CR2309	10	725	45	-45	3	15	3	14:54	3350470000000	CR843	5	725	23	-22	3
13	2	14:36	3350470000000	CC02	1	725	-45	-45	3	15	3	14:54	3350470000000	CR843	6	725			

## RESULTADOS DAS MEDIDAS “2D”;

### Gage R&R Study - Nested ANOVA

#### Gage R&R (Nested) for Area

Source	DF	SS	MS	F	P
PCB	14	591,46	42,2470	1,1743	0,302
PAD (PCB)	135	4856,67	35,9753	13,5585	0,000
Repeatability	300	796,00	2,6533		
Total	449	6244,12			

#### Gage R&R

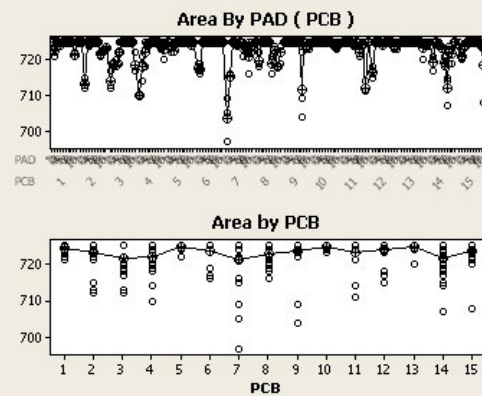
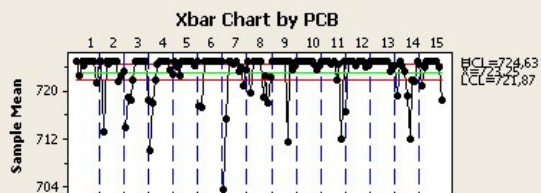
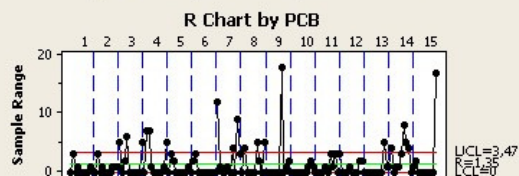
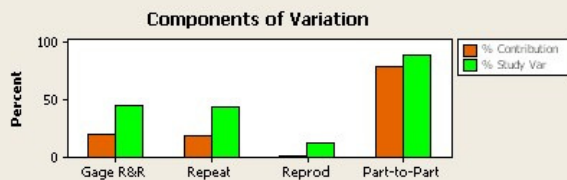
Source	VarComp	%Contribution (of VarComp)
Total Gage R&R	2,8624	20,49
Repeatability	2,6533	18,99
Reproducibility	0,2091	1,50
Part-To-Part	11,1073	79,51
Total Variation	13,9697	100,00

Source	StdDev (SD)	Study Var (6 * SD)	%Study Var (%SV)
Total Gage R&R	1,69186	10,1512	45,27
Repeatability	1,62891	9,7734	43,58
Reproducibility	0,45723	2,7434	12,23
Part-To-Part	3,33277	19,9966	89,17
Total Variation	3,73761	22,4256	100,00

#### Gage R&R (Nested) for Area

Gage name:  
Date of study:

Reported by:  
Tolerance:  
Misc:



## Gage R&R Study - Nested ANOVA

### Gage R&R (Nested) for X

Source	DF	SS	MS	F	P
PCB	14	12009	857,77	0,2609	0,997
PAD (PCB)	135	443793	3287,36	18,7063	0,000
Repeatability	300	52721	175,74		
Total	449	508522			

### Gage R&R

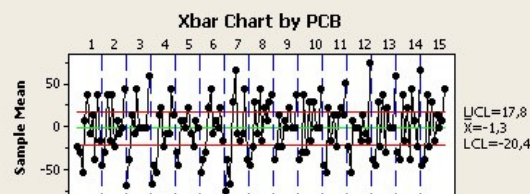
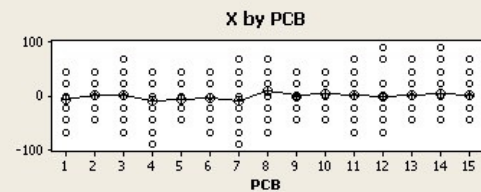
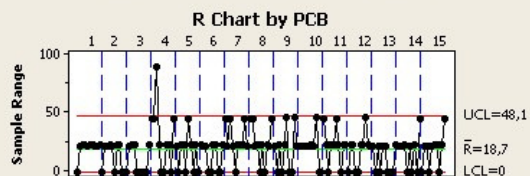
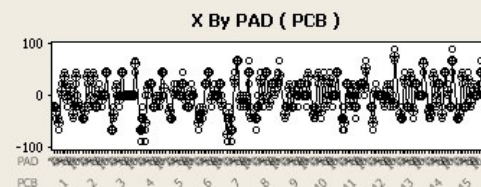
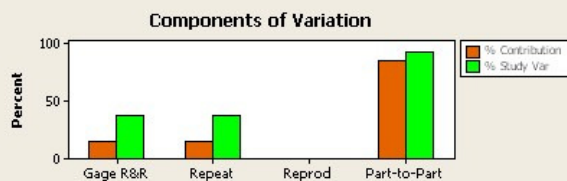
Source	VarComp	%Contribution (of VarComp)
Total Gage R&R	175,74	14,49
Repeatability	175,74	14,49
Reproducibility	0,00	0,00
Part-To-Part	1037,21	85,51
Total Variation	1212,94	100,00

Source	StdDev (SD)	Study Var (6 * SD)	%Study Var (%SV)
Total Gage R&R	13,2565	79,539	38,06
Repeatability	13,2565	79,539	38,06
Reproducibility	0,0000	0,000	0,00
Part-To-Part	32,2057	193,234	92,47
Total Variation	34,8273	208,964	100,00

### Gage R&R (Nested) for X

Gage name:  
Date of study:

Reported by:  
Tolerance:  
Misc:





## Gage R&R Study - Nested ANOVA

### Gage R&R (Nested) for Y

Source	DF	SS	MS	F	P
PCB	14	9752	696,60	0,33906	0,988
PAD (PCB)	135	277360	2054,51	9,42428	0,000
Repeatability	300	65401	218,00		
Total	449	352512			

### Gage R&R

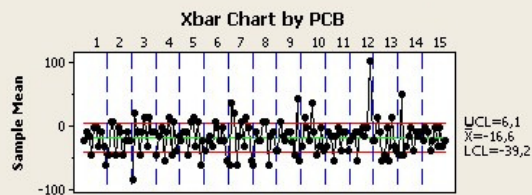
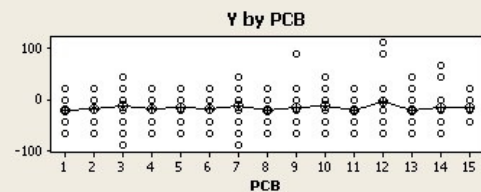
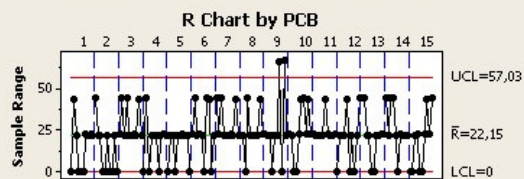
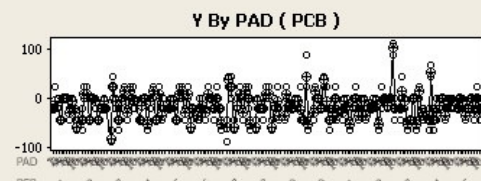
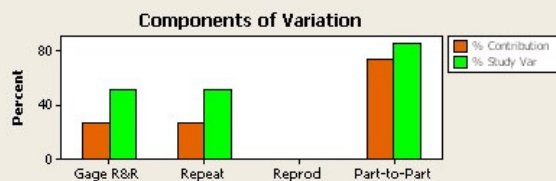
Source	VarComp	%Contribution (of VarComp)
Total Gage R&R	218,002	26,26
Repeatability	218,002	26,26
Reproducibility	0,000	0,00
Part-To-Part	612,171	73,74
Total Variation	830,173	100,00

Source	StdDev (SD)	Study Var (6 * SD)	%Study Var (%SV)
Total Gage R&R	14,7649	88,589	51,24
Repeatability	14,7649	88,589	51,24
Reproducibility	0,0000	0,000	0,00
Part-To-Part	24,7421	148,453	85,87
Total Variation	28,8127	172,876	100,00

### Gage R&R (Nested) for Y

Gage name:  
Date of study:

Reported by:  
Tolerance:  
Misc:



## DADOS “3D” UTILIZADOS PARA ANÁLISE;

PCB	Measure nº	Time	Barcode	Component	PAD	height	Area	X	Y	Volume	Shift	PCB	Measure nº	Time	Barcode	Component	PAD	height	Area	X	Y	Volume	Shift
1	1	9:32	3350470000000	CIC801	1	68	288	68	-57	77	1	3	2	10:19	3350470000000	CIC801	51	65	287	0	0	46	1
1	1	9:32	3350470000000	CIC801	13	68	288	0	-45	74	1	3	2	10:19	3350470000000	CIC801	63	68	288	0	0	79	1
1	1	9:32	3350470000000	CIC801	25	71	288	-23	-45	65	1	3	2	10:19	3350470000000	CIC801	75	76	286	90	0	79	1
1	1	9:32	3350470000000	CIC801	26	67	288	-67	0	93	1	3	2	10:19	3350470000000	CIC801	76	74	288	-22	0	88	1
1	1	9:32	3350470000000	CIC801	38	58	286	-67	0	72	1	3	2	10:19	3350470000000	CIC801	88	72	283	-45	0	79	1
1	1	9:32	3350470000000	CIC801	50	61	288	-45	0	79	1	3	2	10:19	3350470000000	CIC801	100	72	288	-22	23	79	1
1	1	9:32	3350470000000	CIC801	51	64	282	0	0	61	1	3	3	10:19	3350470000000	CIC801	1	81	288	-23	0	80	1
1	1	9:32	3350470000000	CIC801	63	60	288	23	45	65	1	3	3	10:19	3350470000000	CIC801	13	78	288	135	0	79	1
1	1	9:32	3350470000000	CIC801	75	64	284	23	22	66	1	3	3	10:19	3350470000000	CIC801	25	76	288	0	0	60	1
1	1	9:32	3350470000000	CIC801	76	60	277	-22	-45	77	1	3	3	10:19	3350470000000	CIC801	26	69	288	22	0	86	1
1	1	9:32	3350470000000	CIC801	88	56	288	0	0	72	1	3	3	10:19	3350470000000	CIC801	38	71	288	-22	-23	81	1
1	1	9:32	3350470000000	CIC801	100	67	288	22	23	88	1	3	3	10:19	3350470000000	CIC801	50	68	280	-67	-23	70	1
1	2	9:33	3350470000000	CIC801	1	72	288	-45	67	84	1	3	3	10:19	3350470000000	CIC801	51	68	279	0	-22	53	1
1	2	9:33	3350470000000	CIC801	13	61	288	-68	-45	74	1	3	3	10:19	3350470000000	CIC801	63	70	285	0	-22	73	1
1	2	9:33	3350470000000	CIC801	25	70	288	-23	-22	69	1	3	3	10:19	3350470000000	CIC801	75	76	287	90	-22	80	1
1	2	9:33	3350470000000	CIC801	26	68	288	-45	0	88	1	3	3	10:19	3350470000000	CIC801	76	78	288	-45	0	93	1
1	2	9:33	3350470000000	CIC801	38	59	287	-67	23	77	1	3	3	10:19	3350470000000	CIC801	88	67	288	-45	23	75	1
1	2	9:33	3350470000000	CIC801	50	60	274	-22	45	84	1	3	3	10:19	3350470000000	CIC801	100	77	287	-45	0	86	1
1	2	9:33	3350470000000	CIC801	51	61	288	203	0	58	1	4	1	10:35	3350470000000	CIC801	1	66	279	68	0	58	1
1	2	9:33	3350470000000	CIC801	63	60	288	-23	45	66	1	4	1	10:35	3350470000000	CIC801	13	66	286	90	-22	69	1
1	2	9:33	3350470000000	CIC801	75	66	288	23	45	63	1	4	1	10:35	3350470000000	CIC801	25	76	286	158	-22	61	1
1	2	9:33	3350470000000	CIC801	76	64	284	90	-45	86	1	4	1	10:35	3350470000000	CIC801	26	67	288	-45	0	88	1
1	2	9:33	3350470000000	CIC801	88	56	283	0	0	70	1	4	1	10:35	3350470000000	CIC801	38	58	288	-22	23	76	1
1	2	9:33	3350470000000	CIC801	100	68	286	22	-23	84	1	4	1	10:35	3350470000000	CIC801	50	62	287	-22	23	72	1
1	3	9:33	3350470000000	CIC801	1	70	288	-45	-45	80	1	4	1	10:35	3350470000000	CIC801	51	59	288	-23	0	50	1
1	3	9:33	3350470000000	CIC801	13	56	288	-23	-22	65	1	4	1	10:35	3350470000000	CIC801	63	64	288	-23	0	66	1
1	3	9:33	3350470000000	CIC801	25	69	288	-23	-45	66	1	4	1	10:35	3350470000000	CIC801	75	66	287	90	-22	66	1
1	3	9:33	3350470000000	CIC801	26	66	288	-67	0	88	1	4	1	10:35	3350470000000	CIC801	76	68	281	-22	-23	81	1
1	3	9:33	3350470000000	CIC801	38	58	288	-67	23	70	1	4	1	10:35	3350470000000	CIC801	88	65	288	0	0	77	1
1	3	9:33	3350470000000	CIC801	50	58	279	-67	0	79	1	4	1	10:35	3350470000000	CIC801	100	68	283	0	-23	84	1
1	3	9:33	3350470000000	CIC801	51	66	288	0	22	66	1	4	2	10:36	3350470000000	CIC801	1	70	288	-45	0	73	1
1	3	9:33	3350470000000	CIC801	63	58	288	90	-45	58	1	4	2	10:36	3350470000000	CIC801	13	68	285	90	-22	71	1
1	3	9:33	3350470000000	CIC801	75	61	283	23	22	65	1	4	2	10:36	3350470000000	CIC801	25	55	288	90	-22	82	1
1	3	9:33	3350470000000	CIC801	76	60	288	-22	-23	75	1	4	2	10:36	3350470000000	CIC801	26	71	288	157	23	95	1
1	3	9:33	3350470000000	CIC801	88	55	288	0	-23	65	1	4	2	10:36	3350470000000	CIC801	38	60	288	-22	23	68	1
1	3	9:33	3350470000000	CIC801	100	66	286	22	-23	86	1	4	2	10:36	3350470000000	CIC801	50	64	259	0	0	77	1
2	1	10:03	3350470000000	CIC801	1	79	283	-23	-45	76	1	4	2	10:36	3350470000000	CIC801	51	57	288	23	22	47	1
2	1	10:03	3350470000000	CIC801	13	76	280	-23	-45	79	1	4	2	10:36	3350470000000	CIC801	63	64	283	-23	-22	66	1
2	1	10:03	3350470000000	CIC801	25	66	288	-68	-22	50	1	4	2	10:36	3350470000000	CIC801	75	73	279	0	0	71	1
2	1	10:03	3350470000000	CIC801	26	80	287	135	0	93	1	4	2	10:36	3350470000000	CIC801	76	72	285	0	-23	90	1
2	1	10:03	3350470000000	CIC801	38	77	288	-45	0	84	1	4	2	10:36	3350470000000	CIC801	88	66	281	0	-23	84	1
2	1	10:03	3350470000000	CIC801	50	72	285	-45	23	77	1	4	2	10:36	3350470000000	CIC801	100	69	288	0	0	86	1
2	1	10:03	3350470000000	CIC801	51	71	282	23	0	49	1	4	3	10:37	3350470000000	CIC801	1	71	285	-45	-22	73	1
2	1	10:03	3350470000000	CIC801	63	70	286	23	22	63	1	4	3	10:37	3350470000000	CIC801	13	68	285	90	-45	76	1
2	1	10:03	3350470000000	CIC801	75	84	279	23	22	79	1	4	3	10:37	3350470000000	CIC801	25	63	284	0	-45	47	1
2	1	10:03	3350470000000	CIC801	76	72	280	0	-23	86	1	4	3	10:37	3350470000000	CIC801	26	69	288	-45	0	95	1
2	1	10:03	3350470000000	CIC801	88	72	288	-22	0	86	1	4	3	10:37	3350470000000	CIC801	38	62	284	-22	0	77	1
2	1	10:03	3350470000000	CIC801	100	76	279	22	0	88	1	4	3	10:37	3350470000000	CIC801	50	62	266	-22	23	77	1
2	2	10:04	3350470000000	CIC801	1	76	288	-23	-22	71	1	4	3	10:37	3350470000000	CIC801	51	57	288	23	0	46	1
2	2	10:04	3350470000000	CIC801	13	72	285	-23	-22	79	1	4	3	10:37	3350470000000	CIC801	63	70	284	-23	-22	73	1
2	2	10:04	3350470000000	CIC801	25	68	288	-23	-45	50	1	4	3	10:37	3350470000000	CIC801	75	71	282	135	0	74	1
2	2	10:04	3350470000000	CIC801	26	82	284	135	0	97	1	4	3	10:37	3350470000000	CIC801	76	70	282	-22	-23	88	1
2	2	10:04	3350470000000	CIC801	38	77	277	-67	0	86	1	4	3	10:37	3350470000000	CIC801	88	65	282	0	-23	79	1
2	2	10:04	3350470000000	CIC801	50	73	284	-45	0	79	1	5	1	10:55	3350470000000	CIC801	100	71	288	0	0	88	1
2	2	10:04	3350470000000	CIC801	51	70	278	23	0	60	1	5	1	10:55	3350470000000	CIC801	1	76	282	-23	-22	77	1
2	2	10:04	3350470000000	CIC801	63	70	288	23	22	61	1	5	1	10:55	3350470000000	CIC801	13	72	288	-45	-22	74	1
2	2	10:04	3350470000000	CIC801	75	88	275	23	22	74	1	5	1	10:55	3350470000000	CIC801	25	72	288	-23	-22	52	1
2	2	10:04	3350470000000	CIC801	76	76	278	0	-23	93	1	5	1	10:55	3350470000000	CIC801	26	73	279	-45	-45	95	1
2	2	10:04	3350470000000	CIC801	88	76	285	-22	0	90	1	5	1	10:55	3350470000000	CIC801	38	64	277	-67	-23	77	1
2	2	10:04	3350470000000	CIC801	100	78	284	22	-23	93	1	5	1	10:55	3350470000000	CIC801	50	69	279	-22	0	90	1
2	3	10:04	3350470000000	CIC801	1	77	283	-23	-45	74	1	5	1	10:55	3350470000000	CIC801	51	70	278	-23	-4		

PCB	Measure n°	Time	Barcode	Component	PAD	height	Area	X	Y	Volume	Shift	PCB	Measure n°	Time	Barcode	Component	PAD	height	Area	X	Y	Volume	Shift
6	1	14:59	3350470000000	CIC801	1	69	284	-45	-45	76	2	8	2	15:52	3350470000000	CIC801	51	74	287	45	22	63	2
6	1	14:59	3350470000000	CIC801	13	72	275	226	-22	74	2	8	2	15:52	3350470000000	CIC801	63	77	285	90	22	73	2
6	1	14:59	3350470000000	CIC801	25	76	284	113	-22	60	2	8	2	15:52	3350470000000	CIC801	75	82	288	135	45	96	2
6	1	14:59	3350470000000	CIC801	26	75	286	-22	0	102	2	8	2	15:52	3350470000000	CIC801	76	74	276	0	-23	84	2
6	1	14:59	3350470000000	CIC801	38	69	280	-45	23	73	2	8	2	15:52	3350470000000	CIC801	88	75	282	23	0	81	2
6	1	14:59	3350470000000	CIC801	50	69	284	-22	-23	86	2	8	2	15:52	3350470000000	CIC801	100	73	286	23	0	86	2
6	1	14:59	3350470000000	CIC801	51	63	279	0	-22	49	2	8	3	15:52	3350470000000	CIC801	1	84	288	0	-22	82	2
6	1	14:59	3350470000000	CIC801	63	68	288	45	22	69	2	8	3	15:52	3350470000000	CIC801	13	77	288	23	-22	90	2
6	1	14:59	3350470000000	CIC801	75	74	282	23	22	76	2	8	3	15:52	3350470000000	CIC801	25	84	288	158	0	68	2
6	1	14:59	3350470000000	CIC801	76	64	278	0	-45	84	2	8	3	15:52	3350470000000	CIC801	26	80	267	45	-23	97	2
6	1	14:59	3350470000000	CIC801	88	56	285	0	-23	72	2	8	3	15:52	3350470000000	CIC801	38	72	284	45	-23	79	2
6	1	14:59	3350470000000	CIC801	100	63	284	45	-45	81	2	8	3	15:52	3350470000000	CIC801	50	70	267	22	-45	79	2
6	2	14:59	3350470000000	CIC801	1	70	288	-45	-22	66	2	8	3	15:52	3350470000000	CIC801	51	82	288	23	-22	68	2
6	2	14:59	3350470000000	CIC801	13	72	288	-45	-22	76	2	8	3	15:52	3350470000000	CIC801	63	76	288	68	-22	82	2
6	2	14:59	3350470000000	CIC801	25	80	284	135	-22	66	2	8	3	15:52	3350470000000	CIC801	75	81	288	45	22	87	2
6	2	14:59	3350470000000	CIC801	26	74	284	-45	0	97	2	8	3	15:52	3350470000000	CIC801	76	70	288	202	0	86	2
6	2	14:59	3350470000000	CIC801	38	61	287	90	23	70	2	8	3	15:52	3350470000000	CIC801	88	70	288	45	0	77	2
6	2	14:59	3350470000000	CIC801	50	74	288	-45	0	95	2	8	3	15:52	3350470000000	CIC801	100	76	272	90	0	86	2
6	2	14:59	3350470000000	CIC801	51	67	288	0	0	53	2	9	1	16:04	3350470000000	CIC801	1	78	288	0	-67	87	2
6	2	14:59	3350470000000	CIC801	63	66	278	45	22	68	2	9	1	16:04	3350470000000	CIC801	13	78	288	0	-45	96	2
6	2	14:59	3350470000000	CIC801	75	73	288	23	45	66	2	9	1	16:04	3350470000000	CIC801	25	71	288	45	-22	68	2
6	2	14:59	3350470000000	CIC801	76	64	274	0	-23	84	2	9	1	16:04	3350470000000	CIC801	26	78	265	22	-23	106	2
6	2	14:59	3350470000000	CIC801	88	58	284	0	-23	72	2	9	1	16:04	3350470000000	CIC801	38	75	288	-67	0	86	2
6	2	14:59	3350470000000	CIC801	100	68	285	45	-23	88	2	9	1	16:04	3350470000000	CIC801	50	74	260	-67	0	88	2
6	3	15:00	3350470000000	CIC801	1	72	285	-45	-22	74	2	9	1	16:04	3350470000000	CIC801	51	70	288	23	0	63	2
6	3	15:00	3350470000000	CIC801	13	76	288	-23	0	80	2	9	1	16:04	3350470000000	CIC801	63	69	288	23	45	79	2
6	3	15:00	3350470000000	CIC801	25	79	288	135	-22	61	2	9	1	16:04	3350470000000	CIC801	75	76	288	0	45	80	2
6	3	15:00	3350470000000	CIC801	26	75	273	-22	0	106	2	9	1	16:04	3350470000000	CIC801	76	74	285	67	-23	81	2
6	3	15:00	3350470000000	CIC801	38	61	284	-45	0	75	2	9	1	16:04	3350470000000	CIC801	88	78	288	0	0	102	2
6	3	15:00	3350470000000	CIC801	50	68	259	-22	0	86	2	9	1	16:04	3350470000000	CIC801	100	74	283	22	23	88	2
6	3	15:00	3350470000000	CIC801	51	67	285	-23	-22	52	2	9	2	16:05	3350470000000	CIC801	1	67	288	23	-45	76	2
6	3	15:00	3350470000000	CIC801	63	69	288	23	0	73	2	9	2	16:05	3350470000000	CIC801	13	76	288	0	-22	90	2
6	3	15:00	3350470000000	CIC801	75	73	282	23	0	77	2	9	2	16:05	3350470000000	CIC801	25	79	288	45	-22	74	2
6	3	15:00	3350470000000	CIC801	76	66	286	22	-23	84	2	9	2	16:05	3350470000000	CIC801	26	81	268	-22	-23	111	2
6	3	15:00	3350470000000	CIC801	88	60	288	-22	0	70	2	9	2	16:05	3350470000000	CIC801	38	76	257	90	-23	90	2
6	3	15:00	3350470000000	CIC801	100	64	287	0	-23	84	2	9	2	16:05	3350470000000	CIC801	50	74	284	-67	0	90	2
7	1	15:38	3350470000000	CIC801	1	69	288	-45	0	71	2	9	2	16:05	3350470000000	CIC801	51	70	288	23	0	66	2
7	1	15:38	3350470000000	CIC801	13	79	288	-45	-22	82	2	9	2	16:05	3350470000000	CIC801	63	71	288	0	45	82	2
7	1	15:38	3350470000000	CIC801	25	75	288	0	-22	66	2	9	2	16:05	3350470000000	CIC801	75	70	288	0	67	85	2
7	1	15:38	3350470000000	CIC801	26	70	279	-22	23	95	2	9	2	16:05	3350470000000	CIC801	76	74	257	90	-23	86	2
7	1	15:38	3350470000000	CIC801	38	62	286	-22	0	77	2	9	2	16:05	3350470000000	CIC801	88	75	281	0	0	100	2
7	1	15:38	3350470000000	CIC801	50	67	277	-22	0	90	2	9	2	16:05	3350470000000	CIC801	100	72	262	90	23	90	2
7	1	15:38	3350470000000	CIC801	51	75	288	23	0	61	2	9	3	16:05	3350470000000	CIC801	1	74	288	-23	-67	80	2
7	1	15:38	3350470000000	CIC801	63	77	288	23	0	84	2	9	3	16:05	3350470000000	CIC801	13	82	288	0	-45	106	2
7	1	15:38	3350470000000	CIC801	75	76	281	45	0	74	2	9	3	16:05	3350470000000	CIC801	25	84	288	-23	-45	84	2
7	1	15:38	3350470000000	CIC801	76	59	288	-45	0	77	2	9	3	16:05	3350470000000	CIC801	26	78	288	135	-45	103	2
7	1	15:38	3350470000000	CIC801	88	64	288	-22	0	77	2	9	3	16:05	3350470000000	CIC801	38	74	250	90	-23	86	2
7	1	15:38	3350470000000	CIC801	100	68	288	-67	0	84	2	9	3	16:05	3350470000000	CIC801	50	74	285	67	-23	90	2
7	2	15:38	3350470000000	CIC801	1	74	288	-45	-45	74	2	9	3	16:05	3350470000000	CIC801	51	79	288	-23	45	79	2
7	2	15:38	3350470000000	CIC801	13	80	288	-23	-22	82	2	9	3	16:05	3350470000000	CIC801	63	80	288	0	45	92	2
7	2	15:38	3350470000000	CIC801	25	68	286	0	-45	53	2	9	3	16:05	3350470000000	CIC801	75	74	288	23	45	77	2
7	2	15:38	3350470000000	CIC801	26	65	282	-22	23	88	2	9	3	16:05	3350470000000	CIC801	76	78	276	67	-23	88	2
7	2	15:38	3350470000000	CIC801	38	63	286	-67	0	70	2	9	3	16:05	3350470000000	CIC801	88	78	271	22	0	102	2
7	2	15:38	3350470000000	CIC801	50	64	279	-45	0	81	2	9	3	16:05	3350470000000	CIC801	100	72	265	67	23	93	2
7	2	15:38	3350470000000	CIC801	51	62	285	0	0	46	2	10	1	16:19	3350470000000	CIC801	1	80	279	23	-45	74	2
7	2	15:38	3350470000000	CIC801	63	71	288	23	0	79	2	10	1	16:19	3350470000000	CIC801	13	73	288	23	-22	73	2
7	2	15:38	3350470000000	CIC801	75	76	280	45	0	74	2	10	1	16:19	3350470000000	CIC801	25	70	288	113	-67	61	2
7	2	15:38	3350470000000	CIC801	76	63	288	-22	-23	79	2	10	1	16:19	3350470000000	CIC801	26	81	283	67	23	104	2
7	2	15:38	3350470000000	CIC801	88	60	288	0	0	70	2	10	1	16:19	3350470000000	CIC801	38	76	288	-67	0	97	2
7	2	15:38	3350470000000	CIC801	100	70	288	-45	-23	90	2	10	1	16:19	3350470000000	CIC801	50	69	283	-45	-23	81	2
7	3	15:39	3350470000000	CIC801	1	68	288	-45	-22	65	2	10	1	16:19	3350470000000	CIC801	51	74	288	45	-		

PCB	Measure n°	Time	Barcode	Component	PAD	height	Area	X	Y	Volume	Shift	PCB	Measure n°	Time	Barcode	Component	PAD	height	Area	X	Y	Volume	Shift
11	1	14:03	3350470000000	CIC801	1	70	288	45	-67	76	3	13	2	14:36	3350470000000	CIC801	51	75	288	23	22	71	3
11	1	14:03	3350470000000	CIC801	13	67	288	23	-45	60	3	13	2	14:36	3350470000000	CIC801	63	78	288	0	0	74	3
11	1	14:03	3350470000000	CIC801	25	62	288	45	-45	52	3	13	2	14:36	3350470000000	CIC801	75	78	288	23	22	76	3
11	1	14:03	3350470000000	CIC801	26	69	274	-67	-58	81	3	13	2	14:36	3350470000000	CIC801	76	70	288	0	-23	88	3
11	1	14:03	3350470000000	CIC801	38	65	287	-45	-45	65	3	13	2	14:36	3350470000000	CIC801	88	71	288	0	23	88	3
11	1	14:03	3350470000000	CIC801	50	64	288	-45	-23	70	3	13	2	14:36	3350470000000	CIC801	100	76	282	0	23	97	3
11	1	14:03	3350470000000	CIC801	51	62	288	23	22	53	3	13	3	14:37	3350470000000	CIC801	1	74	288	45	-22	82	3
11	1	14:03	3350470000000	CIC801	63	70	285	203	45	73	3	13	3	14:37	3350470000000	CIC801	13	73	288	0	-22	77	3
11	1	14:03	3350470000000	CIC801	75	70	284	181	45	80	3	13	3	14:37	3350470000000	CIC801	25	74	288	45	-45	69	3
11	1	14:03	3350470000000	CIC801	76	70	284	22	23	88	3	13	3	14:37	3350470000000	CIC801	26	74	287	-67	0	93	3
11	1	14:03	3350470000000	CIC801	88	67	263	22	23	79	3	13	3	14:37	3350470000000	CIC801	38	69	288	-45	0	75	3
11	1	14:03	3350470000000	CIC801	100	75	264	67	23	93	3	13	3	14:37	3350470000000	CIC801	50	70	270	-67	-45	79	3
11	2	14:04	3350470000000	CIC801	1	72	288	45	-45	74	3	13	3	14:37	3350470000000	CIC801	51	77	288	23	0	73	3
11	2	14:04	3350470000000	CIC801	13	68	288	45	-22	68	3	13	3	14:37	3350470000000	CIC801	63	70	288	23	0	68	3
11	2	14:04	3350470000000	CIC801	25	67	288	23	-45	60	3	13	3	14:37	3350470000000	CIC801	75	78	287	0	0	74	3
11	2	14:04	3350470000000	CIC801	26	71	288	22	-23	84	3	13	3	14:37	3350470000000	CIC801	76	70	288	22	0	88	3
11	2	14:04	3350470000000	CIC801	38	64	286	-67	-23	70	3	13	3	14:37	3350470000000	CIC801	88	70	288	0	23	88	3
11	2	14:04	3350470000000	CIC801	50	68	288	-67	-45	79	3	13	3	14:37	3350470000000	CIC801	100	78	279	22	0	102	3
11	2	14:04	3350470000000	CIC801	51	66	288	-23	45	66	3	14	1	14:45	3350470000000	CIC801	1	79	288	68	0	74	3
11	2	14:04	3350470000000	CIC801	63	74	279	226	22	74	3	14	1	14:45	3350470000000	CIC801	13	80	288	-23	0	77	3
11	2	14:04	3350470000000	CIC801	75	74	288	158	22	71	3	14	1	14:45	3350470000000	CIC801	25	75	288	135	-45	46	3
11	2	14:04	3350470000000	CIC801	76	72	277	22	0	86	3	14	1	14:45	3350470000000	CIC801	26	71	288	-45	-45	81	3
11	2	14:04	3350470000000	CIC801	88	70	288	0	23	86	3	14	1	14:45	3350470000000	CIC801	38	70	288	22	-45	77	3
11	2	14:04	3350470000000	CIC801	100	75	272	45	23	95	3	14	1	14:45	3350470000000	CIC801	50	68	288	-45	-23	68	3
11	3	14:05	3350470000000	CIC801	1	74	288	45	-45	73	3	14	1	14:45	3350470000000	CIC801	51	75	288	181	45	58	3
11	3	14:05	3350470000000	CIC801	13	72	288	23	22	69	3	14	1	14:45	3350470000000	CIC801	63	71	288	23	22	68	3
11	3	14:05	3350470000000	CIC801	25	66	288	45	-22	58	3	14	1	14:45	3350470000000	CIC801	75	85	286	68	22	74	3
11	3	14:05	3350470000000	CIC801	26	72	288	22	-45	86	3	14	1	14:45	3350470000000	CIC801	76	73	288	135	23	77	3
11	3	14:05	3350470000000	CIC801	38	66	288	-67	-23	72	3	14	1	14:45	3350470000000	CIC801	88	65	280	22	0	70	3
11	3	14:05	3350470000000	CIC801	50	67	288	-45	-23	70	3	14	1	14:45	3350470000000	CIC801	100	68	286	22	23	79	3
11	3	14:05	3350470000000	CIC801	51	64	286	-23	0	61	3	14	2	14:45	3350470000000	CIC801	1	86	280	45	-22	74	3
11	3	14:05	3350470000000	CIC801	63	73	288	-23	0	69	3	14	2	14:45	3350470000000	CIC801	13	80	282	0	-22	74	3
11	3	14:05	3350470000000	CIC801	75	71	284	203	22	73	3	14	2	14:45	3350470000000	CIC801	25	76	286	90	-45	52	3
11	3	14:05	3350470000000	CIC801	76	73	283	22	0	93	3	14	2	14:45	3350470000000	CIC801	26	76	288	-45	-23	88	3
11	3	14:05	3350470000000	CIC801	88	70	249	67	23	84	3	14	2	14:45	3350470000000	CIC801	38	72	284	-67	-45	77	3
11	3	14:05	3350470000000	CIC801	100	72	282	22	23	93	3	14	2	14:45	3350470000000	CIC801	50	68	283	-45	23	70	3
12	1	14:13	3350470000000	CIC801	1	72	279	0	0	76	3	14	2	14:45	3350470000000	CIC801	51	80	283	0	22	68	3
12	1	14:13	3350470000000	CIC801	13	78	288	-23	-22	85	3	14	2	14:45	3350470000000	CIC801	63	74	287	23	22	61	3
12	1	14:13	3350470000000	CIC801	25	72	288	113	-45	66	3	14	2	14:45	3350470000000	CIC801	75	88	284	0	0	71	3
12	1	14:13	3350470000000	CIC801	26	81	282	180	-23	102	3	14	2	14:45	3350470000000	CIC801	76	74	284	45	0	75	3
12	1	14:13	3350470000000	CIC801	38	72	270	-45	-45	75	3	14	2	14:45	3350470000000	CIC801	88	72	274	0	23	75	3
12	1	14:13	3350470000000	CIC801	50	74	279	-45	-23	86	3	14	2	14:45	3350470000000	CIC801	100	69	282	-45	23	86	3
12	1	14:13	3350470000000	CIC801	51	74	288	-23	22	65	3	14	3	14:46	3350470000000	CIC801	1	84	288	68	0	74	3
12	1	14:13	3350470000000	CIC801	63	77	288	0	22	71	3	14	3	14:46	3350470000000	CIC801	13	84	288	-23	0	76	3
12	1	14:13	3350470000000	CIC801	75	82	285	-23	22	73	3	14	3	14:46	3350470000000	CIC801	25	79	288	23	-22	52	3
12	1	14:13	3350470000000	CIC801	76	68	288	45	0	77	3	14	3	14:46	3350470000000	CIC801	26	72	288	-45	0	93	3
12	1	14:13	3350470000000	CIC801	88	68	288	0	23	75	3	14	3	14:46	3350470000000	CIC801	88	74	281	-67	-23	81	3
12	1	14:13	3350470000000	CIC801	100	69	267	22	0	88	3	14	3	14:46	3350470000000	CIC801	50	71	284	-45	-23	79	3
12	2	14:14	3350470000000	CIC801	1	73	288	23	-45	79	3	14	3	14:46	3350470000000	CIC801	51	78	288	0	22	68	3
12	2	14:14	3350470000000	CIC801	13	72	288	-23	-22	79	3	14	3	14:46	3350470000000	CIC801	63	67	288	45	22	61	3
12	2	14:14	3350470000000	CIC801	25	72	288	113	-45	66	3	14	3	14:46	3350470000000	CIC801	75	80	282	0	22	77	3
12	2	14:14	3350470000000	CIC801	26	78	277	-22	23	97	3	14	3	14:46	3350470000000	CIC801	76	70	286	67	0	79	3
12	2	14:14	3350470000000	CIC801	38	71	287	-45	-23	72	3	14	3	14:46	3350470000000	CIC801	88	68	284	0	0	75	3
12	2	14:14	3350470000000	CIC801	50	73	285	-45	-23	84	3	14	3	14:46	3350470000000	CIC801	100	73	288	-45	23	86	3
12	2	14:14	3350470000000	CIC801	51	72	288	23	22	65	3	15	1	14:53	3350470000000	CIC801	1	86	288	0	-22	77	3
12	2	14:14	3350470000000	CIC801	63	78	274	0	0	73	3	15	1	14:53	3350470000000	CIC801	13	74	288	-45	-22	65	3
12	2	14:14	3350470000000	CIC801	75	78	277	0	0	82	3	15	1	14:53	3350470000000	CIC801	25	76	285	90	-45	58	3
12	2	14:14	3350470000000	CIC801	76	70	284	0	-23	86	3	15	1	14:53	3350470000000	CIC801	26	76	283	-45	23	104	3
12	2	14:14	3350470000000	CIC801	88	68	288	-22	23	79	3	15	1	14:53	3350470000000	CIC801	38	68	288	-45	23	84	3
12	2	14:14	3350470000000	CIC801	100	68	284	0	0	86	3	15	1	14:53	3350470000000	CIC801	50	70	283	-22	-23	93	3
12	3	14:14	3350470000000	CIC801	1																		

## RESULTADOS DAS MEDIDAS “3D”:

### Gage R&R Study - Nested ANOVA

#### Gage R&R (Nested) for Area

Source	DF	SS	MS	F	P
PCB	14	1332,5	95,1765	1,25416	0,241
PAD (PCB)	165	12521,6	75,8886	2,37730	0,000
Repeatability	360	11492,0	31,9222		
Total	539	25346,1			

#### Gage R&R

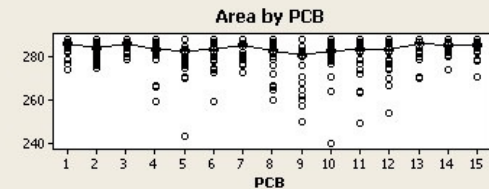
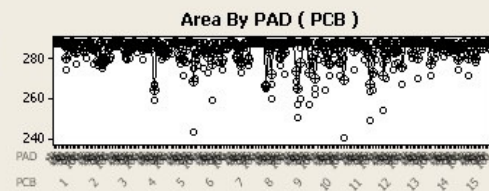
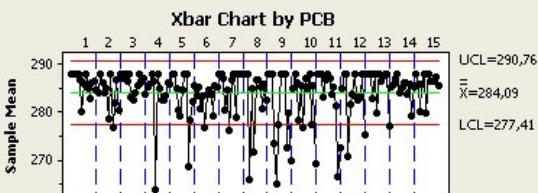
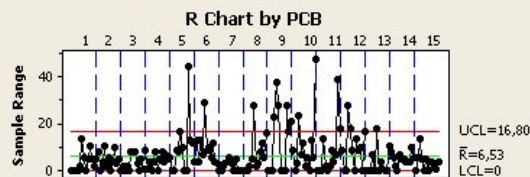
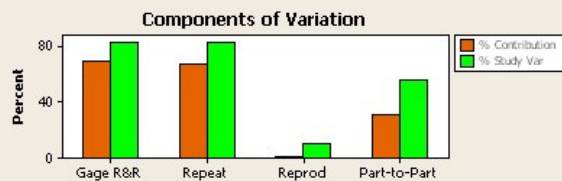
Source	VarComp	%Contribution (of VarComp)
Total Gage R&R	32,4580	68,89
Repeatability	31,9222	67,76
Reproducibility	0,5358	1,14
Part-To-Part	14,6554	31,11
Total Variation	47,1134	100,00

Source	StdDev (SD)	Study Var (6 * SD)	%Study Var (%SV)
Total Gage R&R	5,69719	34,1832	83,00
Repeatability	5,64998	33,8999	82,31
Reproducibility	0,73197	4,3918	10,66
Part-To-Part	3,82824	22,9695	55,77
Total Variation	6,86392	41,1835	100,00

#### Gage R&R (Nested) for Area

Gage name:  
Date of study:

Reported by:  
Tolerance:  
Misc:



## Gage R&R Study - Nested ANOVA

### Gage R&R (Nested) for X

Source	DF	SS	MS	F	P
PCB	14	105866	7561,84	1,35440	0,181
PAD (PCB)	165	921225	5583,18	3,48981	0,000
Repeatability	360	575947	1599,85		
Total	539	1603037			

### Gage R&R

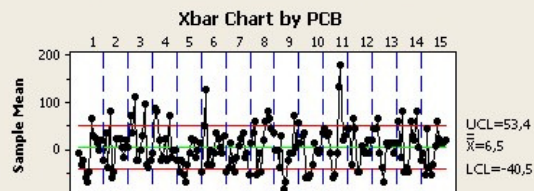
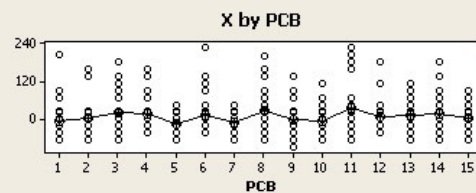
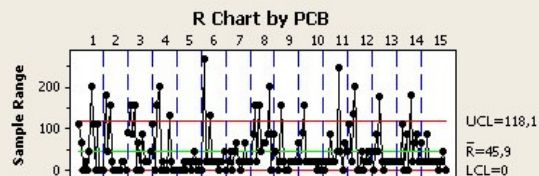
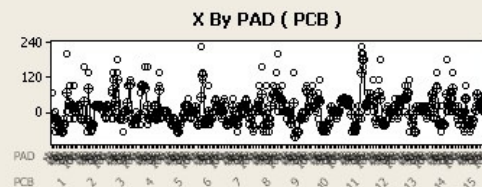
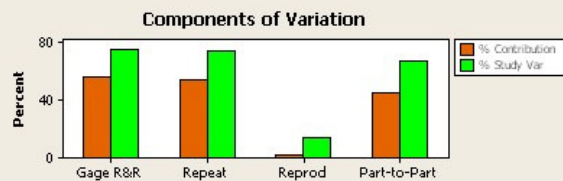
Source	VarComp	%Contribution (of VarComp)
Total Gage R&R	1654,81	55,48
Repeatability	1599,85	53,64
Reproducibility	54,96	1,84
Part-To-Part	1327,78	44,52
Total Variation	2982,59	100,00

Source	StdDev (SD)	Study Var (6 * SD)	%Study Var (%SV)
Total Gage R&R	40,6794	244,076	74,49
Repeatability	39,9981	239,989	73,24
Reproducibility	7,4137	44,482	13,57
Part-To-Part	36,4387	218,632	66,72
Total Variation	54,6131	327,679	100,00

### Gage R&R (Nested) for X

Gage name:  
Date of study:

Reported by:  
Tolerance:  
Misc:



## Gage R&R Study - Nested ANOVA

### Gage R&R (Nested) for Y

Source	DF	SS	MS	F	P
PCB	14	2241	160,05	0,10339	1,000
PAD (PCB)	165	255427	1548,04	8,18940	0,000
Repeatability	360	68051	189,03		
Total	539	325718			

### Gage R&R

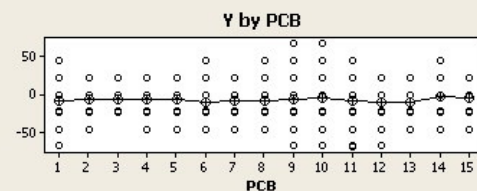
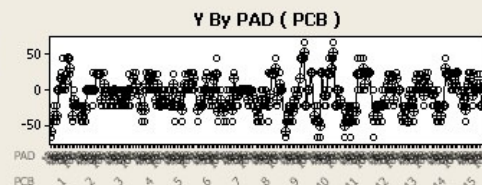
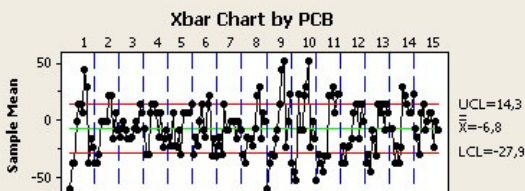
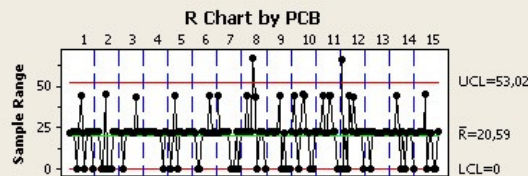
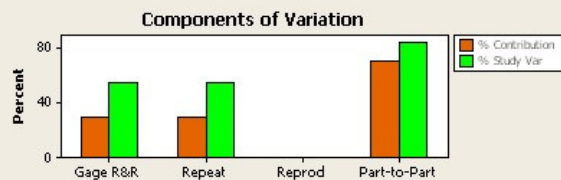
Source	VarComp	%Contribution (of VarComp)
Total Gage R&R	189,030	29,44
Repeatability	189,030	29,44
Reproducibility	0,000	0,00
Part-To-Part	453,003	70,56
Total Variation	642,033	100,00

Source	StdDev (SD)	Study Var (6 * SD)	%Study Var (%SV)
Total Gage R&R	13,7488	82,493	54,26
Repeatability	13,7488	82,493	54,26
Reproducibility	0,0000	0,000	0,00
Part-To-Part	21,2839	127,703	84,00
Total Variation	25,3384	152,030	100,00

### Gage R&R (Nested) for Y

Gage name:  
Date of study:

Reported by:  
Tolerance:  
Misc:



## Gage R&R Study - Nested ANOVA

### Gage R&R (Nested) for height

Source	DF	SS	MS	F	P
PCB	14	7647,9	546,281	9,01041	0,000
PAD (PCB)	165	10003,6	60,628	9,66893	0,000
Repeatability	360	2257,3	6,270		
Total	539	19908,9			

### Gage R&R

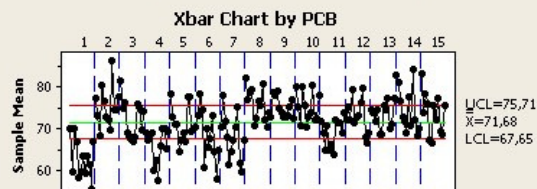
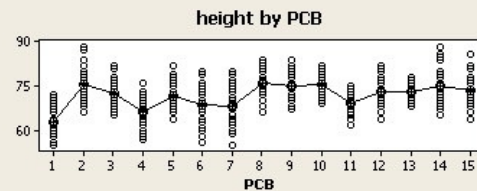
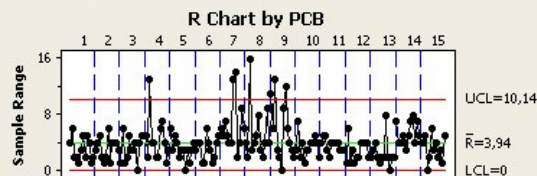
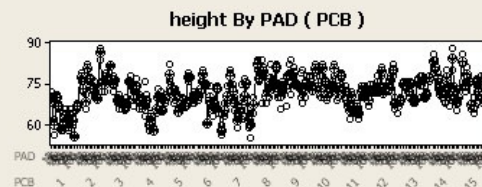
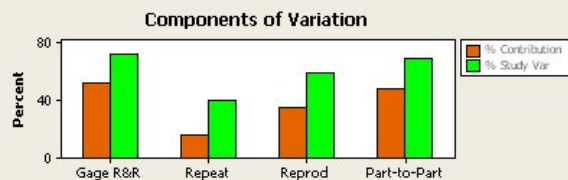
Source	VarComp	%Contribution (of VarComp)
Total Gage R&R	19,7607	52,17
Repeatability	6,2704	16,55
Reproducibility	13,4904	35,61
Part-To-Part	18,1191	47,83
Total Variation	37,8799	100,00

Source	StdDev (SD)	Study Var (6 * SD)	%Study Var (%SV)
Total Gage R&R	4,44530	26,6718	72,23
Repeatability	2,50407	15,0244	40,69
Reproducibility	3,67292	22,0375	59,68
Part-To-Part	4,25666	25,5399	69,16
Total Variation	6,15466	36,9280	100,00

### Gage R&R (Nested) for height

Gage name:  
Date of study:

Reported by:  
Tolerance:  
Misc:





## Gage R&R Study - Nested ANOVA

### Gage R&R (Nested) for Volume

Source	DF	SS	MS	F	P
PCB	14	8651,3	617,948	1,4964	0,117
PAD (PCB)	165	68138,2	412,959	26,9973	0,000
Repeatability	360	5506,7	15,296		
Total	539	82296,2			

### Gage R&R

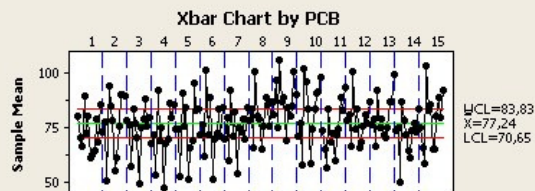
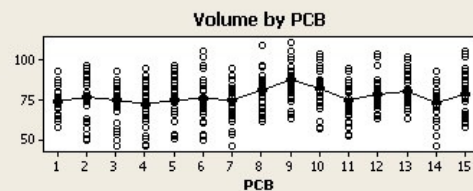
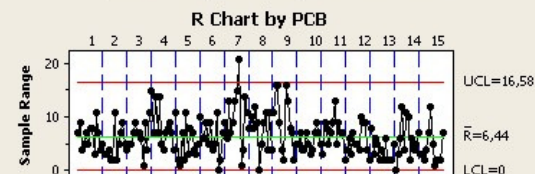
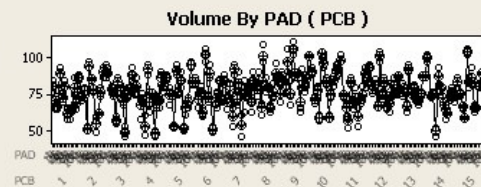
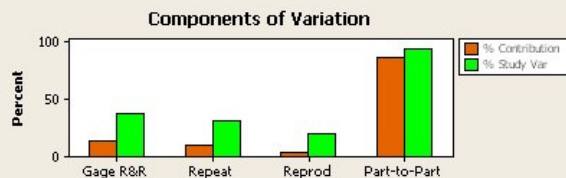
Source	VarComp	%Contribution (of VarComp)
Total Gage R&R	20,990	13,67
Repeatability	15,296	9,96
Reproducibility	5,694	3,71
Part-To-Part	132,554	86,33
Total Variation	153,545	100,00

Source	StdDev (SD)	Study Var (6 * SD)	%Study Var (%SV)
Total Gage R&R	4,5815	27,4892	36,97
Repeatability	3,9110	23,4663	31,56
Reproducibility	2,3862	14,3174	19,26
Part-To-Part	11,5132	69,0793	92,91
Total Variation	12,3913	74,3479	100,00

### Gage R&R (Nested) for Volume

Gage name:  
Date of study:

Reported by:  
Tolerance:  
Misc:



## Resultados do terceiro MSE – Prato de calibração

### DADOS UTILIZADOS PARA ANÁLISE;

Part	Pad	Measure	Index	Details	Height	Volume	Part	Pad	Measure	Index	Details	Height	Volume
100	1	1	9	Line1-100	111	1021	200	1	1	7	line1-20	197	1863
100	2	1	13	Line2-100	115	1052	200	2	1	11	line2-20	209	1965
100	1	2	22	Line1-100	112	1039	200	1	2	20	line1-20	197	1877
100	2	2	26	Line2-100	115	1058	200	2	2	24	line2-20	208	1948
100	1	3	35	Line1-100	109	999	200	1	3	33	line1-20	203	1931
100	2	3	39	Line2-100	115	1047	200	2	3	37	line2-20	206	1949
100	1	4	48	Line1-100	108	994	200	1	4	46	line1-20	202	1912
100	2	4	52	Line2-100	115	1049	200	2	4	50	line2-20	205	1929
100	1	5	61	Line1-100	110	1010	200	1	5	59	line1-20	203	1930
100	2	5	65	Line2-100	115	1060	200	2	5	63	line2-20	208	1947
100	1	6	74	Line1-100	110	1011	200	1	6	72	line1-20	204	1922
100	2	6	78	Line2-100	114	1047	200	2	6	76	line2-20	204	1900
100	1	7	87	Line1-100	109	998	200	1	7	85	line1-20	203	1934
100	2	7	91	Line2-100	115	1046	200	2	7	89	line2-20	205	1912
100	1	8	100	Line1-100	108	990	200	1	8	98	line1-20	203	1916
100	2	8	104	Line2-100	112	1022	200	2	8	102	line2-20	210	1982
100	1	9	113	Line1-100	109	1006	200	1	9	111	line1-20	202	1926
100	2	9	117	Line2-100	114	1040	200	2	9	115	line2-20	208	1979
100	1	10	126	Line1-100	107	979	200	1	10	124	line1-20	202	1897
100	2	10	130	Line2-100	112	1025	200	2	10	128	line2-20	208	1976
100	1	11	139	Line1-100	115	1062	200	1	11	137	line1-20	199	1864
100	2	11	143	Line2-100	110	1007	200	2	11	141	line2-20	206	1958
100	1	12	152	Line1-100	109	1006	200	1	12	150	line1-20	200	1912
100	2	12	156	Line2-100	115	1059	200	2	12	154	line2-20	205	1926
100	1	13	165	Line1-100	108	986	200	1	13	163	line1-20	203	1919
100	2	13	169	Line2-100	114	1044	200	2	13	167	line2-20	208	1984
100	1	14	178	Line1-100	108	989	200	1	14	176	line1-20	200	1921
100	2	14	182	Line2-100	108	990	200	2	14	180	line2-20	204	1909
100	1	15	191	Line1-100	107	978	200	1	15	189	line1-20	200	1888
100	2	15	195	Line2-100	113	1034	200	2	15	193	line2-20	206	1957
100	1	16	204	Line1-100	111	1027	200	1	16	202	line1-20	197	1874
100	2	16	208	Line2-100	115	1059	200	2	16	206	line2-20	209	1963
100	1	17	217	Line1-100	111	1016	200	1	17	215	line1-20	196	1860
100	2	17	221	Line2-100	114	1038	200	2	17	219	line2-20	205	1909
100	1	18	230	Line1-100	113	1048	200	1	18	228	line1-20	197	1887
100	2	18	234	Line2-100	107	970	200	2	18	232	line2-20	204	1899
100	1	19	243	Line1-100	110	1009	200	1	19	241	line1-20	197	1864
100	2	19	247	Line2-100	115	1048	200	2	19	245	line2-20	209	1967
100	1	20	256	Line1-100	112	1033	200	1	20	254	line1-20	198	1856
100	2	20	260	Line2-100	116	1060	200	2	20	258	line2-20	209	1958
150	1	1	8	Line1-150	155	1447	300	1	1	6	line1-30	291	2780
150	2	1	12	Line2-150	146	1346	300	2	1	10	line2-30	297	2824
150	1	2	21	Line1-150	148	1364	300	1	2	19	line1-30	295	2792
150	2	2	25	Line2-150	147	1351	300	2	2	23	line2-30	296	2816
150	1	3	34	Line1-150	152	1418	300	1	3	32	line1-30	281	2880
150	2	3	38	Line2-150	146	1349	300	2	3	36	line2-30	295	2801
150	1	4	47	Line1-150	151	1417	300	1	4	45	line1-30	290	2852
150	2	4	51	Line2-150	155	1461	300	2	4	49	line2-30	298	2832
150	1	5	60	Line1-150	153	1444	300	1	5	58	line1-30	292	2757
150	2	5	64	Line2-150	149	1376	300	2	5	62	line2-30	296	2834
150	1	6	73	Line1-150	154	1437	300	1	6	71	line1-30	288	2860
150	2	6	77	Line2-150	155	1454	300	2	6	75	line2-30	293	2765
150	1	7	86	Line1-150	152	1419	300	1	7	84	line1-30	280	2899
150	2	7	90	Line2-150	154	1443	300	2	7	88	line2-30	294	2774
150	1	8	99	Line1-150	153	1419	300	1	8	97	line1-30	283	2847
150	2	8	103	Line2-150	154	1432	300	2	8	101	line2-30	299	2828
150	1	9	112	Line1-150	153	1431	300	1	9	110	line1-30	284	2862
150	2	9	116	Line2-150	154	1443	300	2	9	114	line2-30	290	2726
150	1	10	125	Line1-150	152	1420	300	1	10	123	line1-30	288	2862
150	2	10	129	Line2-150	155	1448	300	2	10	127	line2-30	292	2762
150	1	11	138	Line1-150	149	1380	300	1	11	136	line1-30	287	2806
150	2	11	142	Line2-150	154	1446	300	2	11	140	line2-30	300	2824
150	1	12	151	Line1-150	151	1424	300	1	12	149	line1-30	274	2897
150	2	12	155	Line2-150	148	1371	300	2	12	153	line2-30	292	2821
150	1	13	164	Line1-150	153	1427	300	1	13	162	line1-30	290	2851
150	2	13	168	Line2-150	154	1446	300	2	13	166	line2-30	291	2732
150	1	14	177	Line1-150	151	1412	300	1	14	175	line1-30	292	2753
150	2	14	181	Line2-150	154	1432	300	2	14	179	line2-30	295	2869
150	1	15	190	Line1-150	150	1395	300	1	15	188	line1-30	287	2818
150	2	15	194	Line2-150	153	1437	300	2	15	192	line2-30	296	2797
150	1	16	203	Line1-150	155	1458	300	1	16	201	line1-30	293	2787
150	2	16	207	Line2-150	147	1355	300	2	16	205	line2-30	296	2835
150	1	17	216	Line1-150	154	1443	300	1	17	214	line1-30	292	2771
150	2	17	220	Line2-150	154	1435	300	2	17	218	line2-30	292	2769
150	1	18	229	Line1-150	149	1385	300	1	18	227	line1-30	299	2825
150	2	18	233	Line2-150	151	1406	300	2	18	231	line2-30	296	2878
150	1	19	242	Line1-150	153	1436	300	1	19	240	line1-30	294	2786
150	2	19	246	Line2-150	146	1353	300	2	19	244	line2-30	299	2841
150	1	20	255	Line1-150	156	1460	300	1	20	253	line1-30	296	2771
150	2	20	259	Line2-150	148	1375	300	2	20	257	line2-30	297	2829

## RESULTADOS DAS MEDIDAS;

### Gage R&R Study - Nested ANOVA

#### Gage R&R (Nested) for Height

Source	DF	SS	MS	F	P
Pad	1	612	612	0,0	0,946
Part (Pad)	6	728013	121335	11569,9	0,000
Repeatability	152	1594	10		
Total	159	730219			

#### Gage R&R

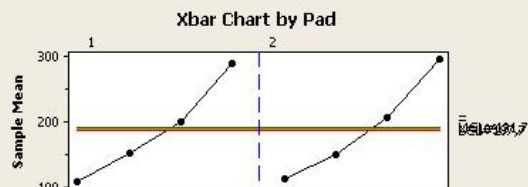
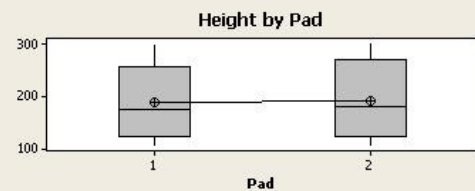
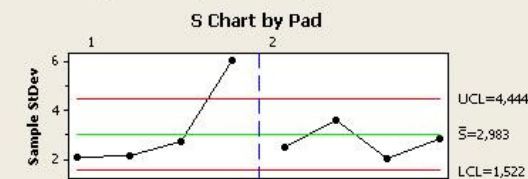
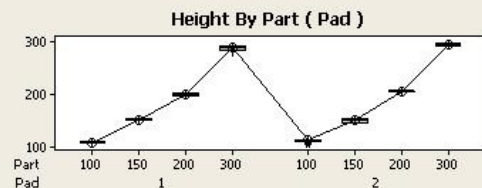
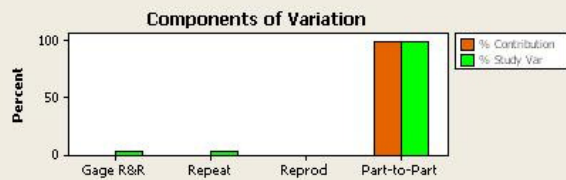
Source	VarComp	%Contribution (of VarComp)
Total Gage R&R	10,49	0,17
Repeatability	10,49	0,17
Reproducibility	0,00	0,00
Part-To-Part	6066,25	99,83
Total Variation	6076,74	100,00

Source	StdDev (SD)	Study Var (6 * SD)	%Study Var (%SV)
Total Gage R&R	3,2384	19,430	4,15
Repeatability	3,2384	19,430	4,15
Reproducibility	0,0000	0,000	0,00
Part-To-Part	77,8861	467,317	99,91
Total Variation	77,9534	467,721	100,00

#### Gage R&R (Nested) for Height

Gage name:  
Date of study:

Reported by:  
Tolerance:  
Misc:



## Gage R&R Study - Nested ANOVA

### Gage R&R (Nested) for Volume

Source	DF	SS	MS	F	P
Pad	1	5546	5546	0,0	0,984
Part (Pad)	6	71878096	11979683	10610,4	0,000
Repeatability	152	171616	1129		
Total	159	72055258			

### Gage R&R

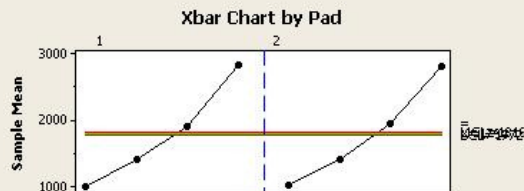
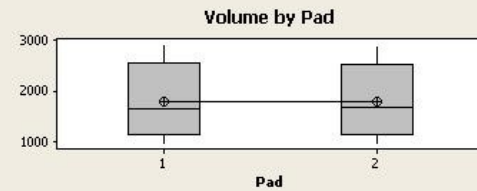
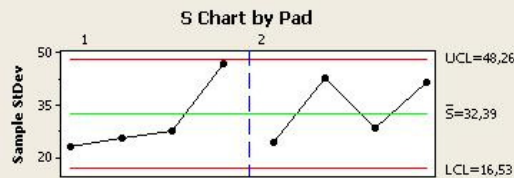
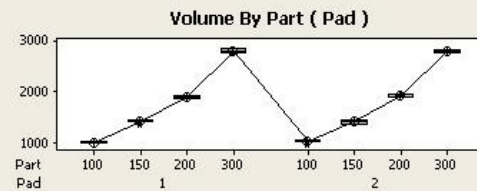
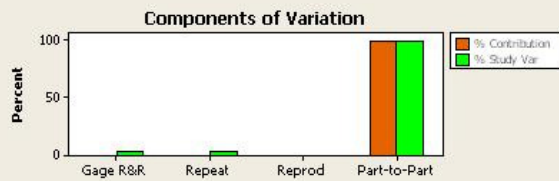
Source	VarComp	%Contribution (of VarComp)
Total Gage R&R	1129	0,19
Repeatability	1129	0,19
Reproducibility	0	0,00
Part-To-Part	598928	99,81
Total Variation	600057	100,00

Source	StdDev (SD)	Study Var (6 * SD)	%Study Var (%SV)
Total Gage R&R	33,601	201,61	4,34
Repeatability	33,601	201,61	4,34
Reproducibility	0,000	0,00	0,00
Part-To-Part	773,904	4643,43	99,91
Total Variation	774,633	4647,80	100,00

### Gage R&R (Nested) for Volume

Gage name:  
Date of study:

Reported by:  
Tolerance:  
Misc:



## Resultados do quarto MSE – (ICC)

### DADOS UTILIZADOS PARA ANÁLISE;

Placa	Descrição do defeito	Operador 1		Operador 2	
		Teste 1 02-08-2007 10H00	Teste 1 02-08-2007 14H00	Teste 1 02-08-2007 11H00	Teste 1 02-08-2007 15H00
1	Bom	1	1	1	1
2	Bom	1	1	1	1
3	Bom	1	1	1	1
4	Bom	1	1	1	1
5	Bom	1	1	1	1
6	Bom	1	1	1	1
7	Bom	1	1	1	1
8	Bom	1	1	1	1
9	Bom	1	1	1	1
10	Bom	1	1	1	1
11	Bom	1	1	1	1
12	Bom	1	1	1	1
13	Bom	1	1	1	1
14	Bom	1	1	1	1
15	Bom	1	1	1	1
16	Bom	1	1	1	1
17	Desvio de 75µm em "X"	2	3	2	2
18	Desvio de 75µm em "Y"	2	2	2	2
19	PAD com falta de pasta	2	2	2	2
20	PAD com pasta irregular	2	2	2	2
21	PAD com pouca altura de pasta	2	2	2	2
22	PAD com falta de pasta (tem 60%)	2	2	2	2
23	PAD com falta de pasta (tem 75%)	2	2	2	2
24	Desvio de 180µm em "X"	3	3	3	3
25	Desvio de 180µm em "Y"	3	3	3	3
26	PAD IC sem pasta	3	3	3	3
27	PAD com apenas 25% da pasta	2	2	2	2
28	PAD de um conector sem pasta	3	3	3	3
29	Array com apenas 25% da pasta	2	2	3	3
30	Volume de pasta a mais	2	2	2	2

## RESULTADOS DAS MEDIDAS;



Advanced Integrated  
Technologies Group, Inc.

### Results

Number of Judges (k)	4
Number of Parts (n)	30

All samples evaluated by same panel of judges		
Judges are the only Judges of Interest		
Situation 5	Each Judges ratings	ICC = 0,965204236
Situation 6	Average of Judges ratings	ICC = 0,991067961

All samples evaluated by same panel of judges		
A random sample of judges selected from population of judges		
Situation 3	Each Judges ratings	ICC = 0,965853659
Situation 4	Average of Judges ratings	ICC = 0,991239049

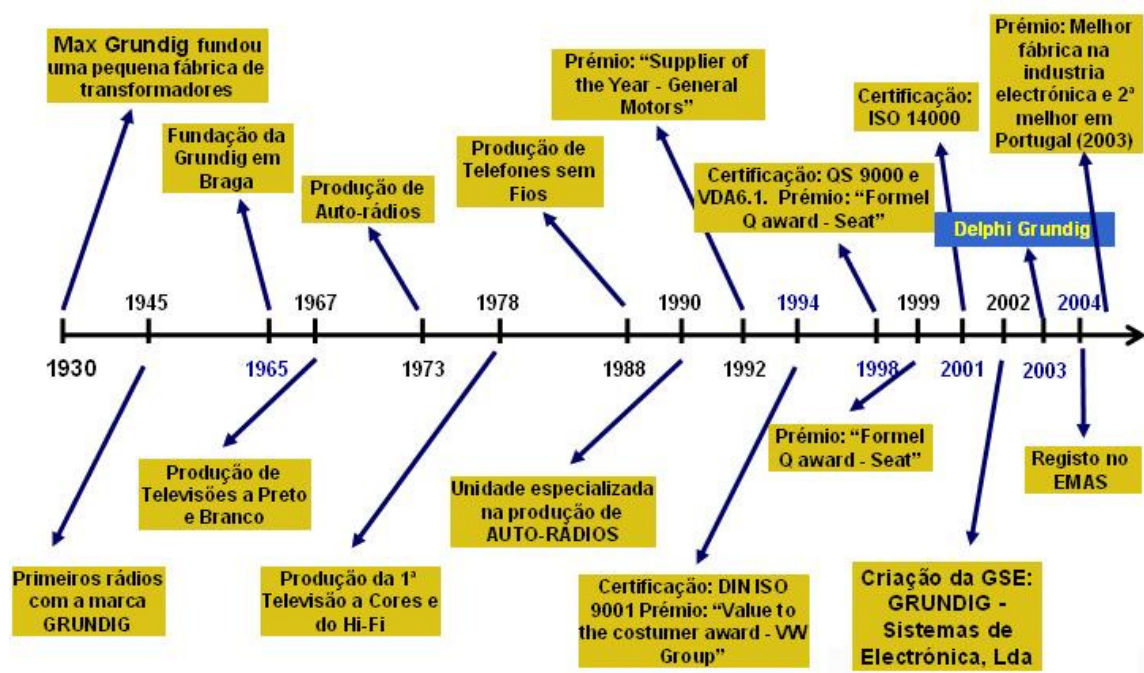
Each sample evaluated by different panel of judges		
A random sample of judges selected from population of judges		
Situation 1	Each Judges ratings	ICC = 0,965859401
Situation 2	Average of Judges ratings	ICC = 0,991240561

### ANOVA

	SS	DF	MS
Between Parts	64,375	29	2,2198276
Within Parts	1,75	90	0,0194444
Judges	0,025	3	0,0083333
Error	1,725	87	0,0198276
Total	66,125	119	0,5556723

Copyright 2000, AIT Group Inc. All rights reserved.

## ANEXO III – ALGUNS DETALHES SOBRE A EMPRESA DELPHI-GRUNDIG



Datas mais marcantes na Delphi-Grundig

Breve explicação de algumas das certificações referidas;

**ISO 9001:2000** => Normas internacionais de garantia de qualidade publicadas pela organização ISO (*International Organization for Standardization*), com actualização em 2000 para a 9001. O principal objectivo era oferecer as orientações para as práticas de qualidade consistentes através das fronteiras internacionais (<http://www.apcer.pt> e <http://www.ul-brasil.com>).

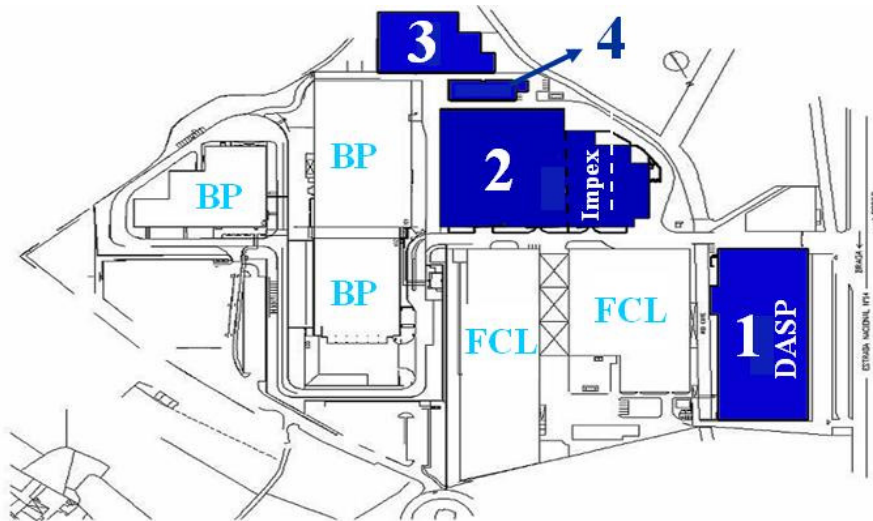
**ISO/TS 16949** => Em conjunto com a 9001:2000 especifica os requisitos do sistema de qualidade para o projecto/desenvolvimento, a produção, a instalação e serviços de produtos ligados à ao sector automóvel (<http://www.apcer.pt> e <http://www.ul-brasil.com>).

**ISO 14001** => A organização ISO desenvolveu a série ISO 14001 para oferecer às empresas uma estrutura internacionalmente reconhecida de criação, implementação, monitorização e aperfeiçoamento de sistema de gestão da qualidade – EMS (*Environment Management Systems*) (<http://www.apcer.pt> e <http://www.ul-brasil.com>).

**EMAS** => (*Eco Management and Audit Scheme*) Instrumento voluntário dirigido às empresas que pretendem avaliar e melhorar os seus comportamentos ambientais e informar o público e outras partes interessadas do seu desempenho e intenções a nível do ambiente, não se limitando ao cumprimento da legislação ambiental nacional e comunitária existente (<http://www.aeportugal.pt>).

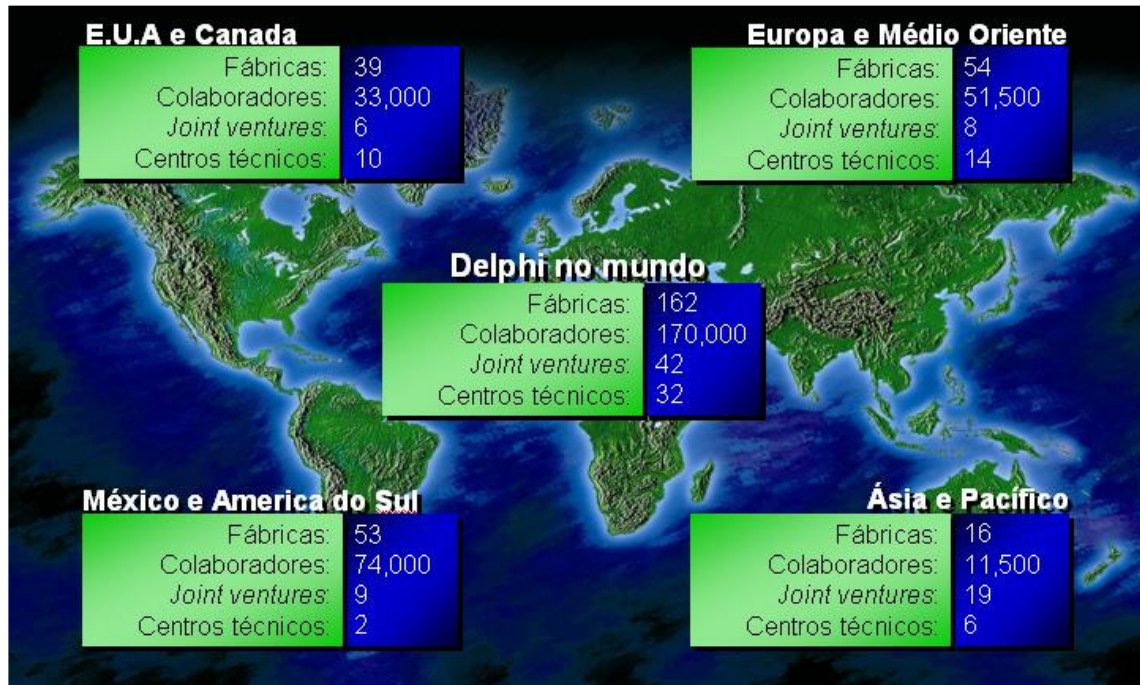


Prémios atribuídos à Grundig



Planta do complexo onde se situa a Delphi-Grundig





Presença da Delphi no mundo

## ANEXO IV – TIPO DE ERRO VERSUS TESTE DE HIPOTHESES

		Decisão do “Juri”		
		Não culpado	Culpado	
A verdade	Actualmente inocente	Correcto	Erro Tipo I	<u>Consequência:</u> Pessoa inocente vai para a cadeia.
	Actualmente culpado	Erro Tipo II	Correcto	
				<u>Consequência:</u> Criminoso vai em liberdade.

Explicação dos tipo I e II de erro.

		Decisão	
		Aceitar $H_0$	Rejeitar $H_0$
$H_0$ Verdadeiro		Correcto	Erro Tipo I (Risco - $\alpha$ )
A verdade		Erro Tipo II (Risco - $\beta$ )	Correcto
$H_0$ Falso			

Teste de hipoteses (tipo I e II de erro).

### Risco $\alpha$

- $\alpha$  é usado para indicar o grau do risco que se está a querer tomar ao se rejeitar erradamente a hipótese nula (erro do tipo I)
- Usa-se o  $\alpha$  como valor de referência para se tomar a decisão de aceitar ou rejeitar
  - ✓ se  $p\text{-value} < \alpha$ , rejeita-se a hipótese nula (ocorreu mudança)
  - ✓ se  $p\text{-value} > \alpha$ , não se rejeita a hipótese nula
- O valor  $\alpha$  que se escolher deve incluir as seguintes considerações práticas – risco financeiro, risco de segurança, risco do impacto no cliente
- O valor típico do  $\alpha$  é 5-10%

### Risco $\beta$

- $\beta$  representa o risco de falhar ao se rejeitar verdadeiramente a hipótese nula (erro do tipo II)
- $\beta$  é chamado de “potência do teste”; é a possibilidade de detectar correctamente uma mudança específica no processo
- O significado prático disto é que uma oportunidade para melhoria pode ser omitida
- O risco pode ser o maior impedimento para a ruptura e deve ser seriamente considerado
- Os valores típicos são usualmente 5-20%

## Tipos de risco